Physiologische Studien im Hochgebirge
von R. F. Fuchs.
2. Mitteilung.

Versuche über den respiratorischen Stoffwechsel im Hochgebirge.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

medizinischen Fakultät

der

K. B. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen

vorgelegt von

Theodor Deimler
appr. Arzt
aus Bombay.

ACAD. LUDOVIC. BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Januar 1910.

Erlangen.
K. B. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn.
1910.

170

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Erlangen.

Referent: Herr Geheimer Hofrat Prof. Dr. I. Rosenthal.
Dekan: Herr Prof. Dr. G. Specht.

Sonderabdruck aus den Sitzungsberichten der physikal.-medizin. Sozietät in Erlangen Band 41 (1909).

Da die Untersuchungen über den respiratorischen Gaswechsel des menschlichen und tierischen Organismus uns einen weitgehenden Einblick in die Stoffwechsel- und Energieumsetzungen des lebenden Organismus gewähren, haben eine große Anzahl von Forschern den Gaswechsel zum Objekt zahlreicher experimenteller Untersuchungen gemacht. Als die physiologische Forschung im Beginn der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts sich mit der Einwirkung des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus zu beschäftigen begann, wurde auch der Gaswechsel im Hochgebirge einem eingehenden Studium unterworfen. Schon Angelo Mosso[1]), der eigentliche Begründer der modernen physiologischen Forschung im Hochgebirge, hat umfangreiche Untersuchungen über die Atmung, insbesondere über die Kohlensäureausscheidung in verschiedenen Höhenlagen des Monte Rosa angestellt. Den gesamten schwierigen Fragenkomplex des respiratorischen Stoffwechsels hat N. Zuntz[2]) mit einer Reihe von Mitarbeitern in einer umfassenden Untersuchungsreihe auf

[1]) A. Mosso, Der Mensch auf den Hochalpen. Leipzig 1899. Ferner eine Reihe Untersuchungen von A. Mosso und seinen Schülern in: Laboratoire scientifique international du Mont Rosa. Tom. I. 1904 und Tom. II. 1907.

[2]) N. Zuntz, A. Loewy, Franz Müller und W. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen. Berlin 1906.

das sorgfältigste studiert. Die Ergebnisse der Forschungen von Zuntz und seinen Mitarbeitern, welche in zahlreichen Einzelarbeiten niedergelegt worden sind und eine zusammenfassende Darstellung in dem groß angelegten Werk „Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen" erfahren haben, müssen heute unbedingt als die Grundlagen aller weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete gelten. Da in dem genannten Werke eine ausgezeichnete kritische Darstellung der gesamten einschlägigen Literatur enthalten ist, so kann an dieser Stelle von einer Aufzählung der vorliegenden Arbeiten anderer Autoren abgesehen und auf das Zuntzsche Werk diesbezüglich verwiesen werden[1]). Im Jahre 1903 begann A. Durig[2]) zunächst gemeinsam mit Zuntz auf der Capanna Regina Margherita seine umfangreichen Untersuchungen über den respiratorischen Stoffwechsel im Hochgebirge, welche er später allein auf dem Bilkengrat und im Jahre 1906 neuerlich auf dem Monte Rosa fortgesetzt hat. Leider sind die gewiß sehr interessanten Ergebnisse der letzten von Durig unter Mitwirkung von W. Kolmer, R. Rainer, H. Reichel und W. Caspari durchgeführten Monte Rosa-Expedition, soweit sie den respiratorischen Gaswechsel betreffen, bisher noch nicht erschienen.

Da die Versuche, welche R. F. Fuchs[3]) im Jahre 1907 über den Einfluß des Hochgebirges auf den menschlichen Organismus anstellte, und soweit sie sich auf die Atmung beziehen, nur die Atemmechanik umfassen, hat Fuchs im Jahre 1908 eine neue $3^1/_2$ Monate dauernde Versuchsreihe durchgeführt,

---

[1]) Zusammenfassende Übersichten über den respiratorischen Gaswechsel: A. Jaquet, Der respiratorische Gaswechsel. Ergebnisse der Physiologie. II. Jahrg., 1. Abt. 1903; O. Cohnheim, Physiologie des Alpinismus. Ebenda. II. Jahrg., 1. Abt. 1903.

[2]) A. Durig und N. Zuntz, Beiträge zur Physiologie des Menschen im Hochgebirge. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. Suppl. 1904. A. Durig, Beiträge z. Physiologie d. Menschen im Hochgebirge. 2. und 3. Mitteilung. Arch. f. d. ges. Physiologie (Pflüger) **113** (1906). A. Durig, Physiologische Ergebnisse der im Jahre 1906 durchgeführten Monte Rosa-Expedition. Denkschriften der math.-nat. Klasse d. k. Akademie der Wissenschaften. Wien 1909. Bisher die ersten drei Ahhandlungen erschienen.

[3]) R. F. Fuchs, Physiologische Studien im Hochgebirge. 1. Mitt. Sitzungsber. d. phys.-med. Soz. in Erlangen **40** (1908).

welche den gesamten Stoffwechsel, einschließlich des respiratorischen Gaswechsels, umfaßt. An den Versuchen des Jahres 1908 hat Deimler als Assistent und zweite Versuchsperson teilgenommen. Die nachstehenden Untersuchungen über den respiratorischen Stoffwechsel stellen einen Teil der Gesamtergebnisse der Expedition vom Jahre 1908 dar, über welche Fuchs nach Aufarbeitung des gesamten umfangreichen Materiales später berichten wird.

Versuchsanordnung.

Die Versuche der vorher genannten Forscher wurden in der Weise angestellt, daß zwischen dem Vorversuch in der Ebene und dem Hauptversuch im Hochgebirge, sowie den Nachversuchen in der Ebene — soweit solche überhaupt durchgeführt wurden — ein längeres oder kürzeres Intervall der Unterbrechung gelegen ist. Es schien deshalb wünschenswert, namentlich im Hinblick auf die Nachwirkungen eines Hochgebirgsaufenthaltes, eine ununterbrochene Versuchsreihe von möglichst langer Dauer anzustellen. Allerdings bestand die Gefahr, daß bei einem $3^1/_2$ Monate dauernden strengen Stoffwechselversuch die Eintönigkeit der täglich aufzunehmenden Nahrung einen unüberwindbaren Widerwillen gegen die Nahrungszufuhr hätte hervorrufen können, was um so leichter im Hochgebirge bei der sehr reizlosen Stoffwechselkost möglich gewesen wäre, da ja erfahrungsgemäß in großen Höhen der Appetit herabgesetzt ist, so daß dadurch der ganze Versuch hätte scheitern können. Im Hinblick auf diese Möglichkeit muß besonders betont werden, daß wir unsere tägliche Stoffwechselportion stets vollständig und ohne großen Widerwillen aufgegessen haben, obwohl auf der Capanna Regina Margherita der Appetit wesentlich geringer war als an den anderen Orten. Ferner wurden die Versuche unter strengster Abstinenz von Alkohol und Nikotin durchgeführt, da die Untersuchungen verschiedener Autoren, insbesondere von Durig, einen wesentlichen Einfluß des Alkohols auf den respiratorischen Gaswechsel ergeben haben, der sich nach Durigs Versuchen in einer Steigerung des respiratorischen Quotienten ausdrückt. Darüber, wie das Nikotin den Gesamtstoffwechsel und insbesondere den Gaswechsel beeinflußt, liegen keine Untersuchungen vor. Es war deshalb zweifellos geboten,

das Nikotin, das möglicherweise eine Fehlerquelle für die Versuche hätte darstellen können, vollständig auszuschalten, obwohl beide Versuchspersonen Raucher sind. (Fuchs ist sogar ein starker Raucher.)

Sämtliche Beobachtungen wurden frühmorgens nüchtern angestellt; die letzte Mahlzeit wurde regelmäßig abends zwischen 8 und 9 Uhr eingenommen. Die Atmungsversuche gliedern sich in Ruheversuche im Liegen, Ruheversuche im Stehen und Arbeitsversuche. Die spezielle Durchführung der Versuche gestaltete sich folgendermaßen: Unmittelbar nach dem Erwachen (um 6 Uhr, später um $^1/_2$7 Uhr) wurde im Bett das Thermometer zur rektalen Temperaturmessung eingeführt und dann bei vollständig ruhiger Horizontallage zunächst durch $^3/_4$ bis 1 Stunde die Atem- und Pulsfrequenz gezählt, ohne daß zuvor irgendeine nennenswerte Bewegung ausgeführt worden ist, (Analogieversuche zu den von Fuchs in seiner 1. Mitteilung beschriebenen). Nach diesen Beobachtungen folgte der eigentliche Respirationsversuch im Liegen nach der von Zuntz angegebenen Methode. Damit die Versuchsperson auch vor Beginn des Respirationsversuches keine nennenswerte Bewegung auszuführen braucht, wurde die Zuntzsche trockene Gasuhr, samt den zum Versuch erforderlichen Sammelröhren am Abend vorher direkt an das Bett bereitgestellt, so daß die Versuchsperson am Morgen vor Beginn des Versuches nur das Mundstück des Ventilansatzes in den Mund einzuführen und die bereitliegende Nasenklemme aufzusetzen brauchte. Dann begann der 10 Minuten dauernde Vorversuch, bei dem zwar durch die Ventile, aber noch nicht durch die Gasuhr geatmet wurde, und nach dessen Beendigung der Cloversche Hahn, welcher unterhalb des Exspirationsventiles angebracht war, geschlossen wurde, so daß von da ab die Atmung durch die Gasuhr erfolgte. Vor Beginn des Versuches waren der Stand der Gasuhr und Thermometer abgelesen worden. Die Dauer des Hauptversuches beträgt 30 Minuten. Während der ersten 15 Minuten des Hauptversuches erfolgte die Probeentnahme, da wir eine kleine Rolle für den Ablauf des Fadens gewählt hatten, so daß sich das Auslaufrohr nur sehr langsam senkte. Nach Beendigung des Hauptversuches wurde der Stand der Gasuhr und der Stand der Thermometer neuerlich abgelesen. Dann wurde das mit Analysen-

gas gefüllte Proberohr von der Gasuhr abgenommen und ein neues an seine Stelle gesetzt. Da die Versuchsperson alle diese Manipulationen selbst auszuführen hatte, welche aber infolge der günstigen Aufstellung der Apparate ein Minimum von Bewegung erforderten (fast ausschließlich Bewegung der Arme ohne jegliche Rumpfbewegung mit Ausnahme einer leichten Drehung), so wurde nach Beendigung des ersten Hauptversuches eine 10 Minuten lange Pause eingeschaltet, während welcher die Versuchsperson wieder vollständig ruhig im Bette liegen mußte, bevor der zweite genau gleichgeartete Kontrollversuch erfolgte, der wiederum in einen 10 Minuten lang dauernden Vorversuch und 30 Minuten dauernden Hauptversuch zerfiel. Es beanspruchten demnach die beiden Parallelversuche eine Zeit von $1^1/_2$ Stunden im Minimum. Da auf der Capanna Regina Margherita der Schlafraum, den Durig in seiner unlängst erschienenen Einleitung zu seiner Monte Rosa-Expedition vom Jahre 1906 sehr treffend „die Schlafkiste“ nennt, sich zur bequemen Aufstellung der Gasuhr als vollständig ungeeignet erwies, so mußte die Versuchsperson, welche den Atemversuch auszuführen hatte, auf dem Fußboden des Laboratoriums schlafen, wo am Abend vor dem Versuche stets ein provisorisches Lager zurecht gemacht worden war. Trotz genügender Decken war dieses Lager doch sehr kalt, da durch den Fußboden eine mehr als hinreichende Ventilation erfolgte, so daß während der Nacht in diesem Raume mehrfach Temperaturen von —8° herrschten und uns der Inhalt der im gleichen Raume auf dem Fußboden aufgestellten Harnflaschen mehrmals vollständig einfror. Geatmet wurde die Zimmerluft, die bei der starken Durchlüftung der Räume sowohl auf Colle d'Olen als auch auf der Capanna Regina Margherita von der Zusammensetzung der Außenluft unmöglich verschieden gewesen sein kann. In Erlangen wurde bei offenem Fenster geschlafen. An dem Ruheversuch im Liegen schloß sich ein Respirationsversuch im ruhigen Stehen an. Um die Bewegung des Erhebens aus dem Bett als Fehlerquelle für den folgenden Respirationsversuch auszuschalten, wurde bis zum Beginn des Vorversuches 10—20 Minuten gewartet, während welcher Zeit meist die Atem- und Pulsfrequenz im Stehen gezählt wurde. Dann wurden die Thermometer und der Stand der Gasuhr abgelesen und der wiederum 10 Minuten

dauernde Vorversuch bei Atmung durch die Ventile begonnen, an den sich der 15 Minuten dauernde Hauptversuch anschloß. Diesem ersten Versuch folgte nach 10 Minuten Pause ein genau gleicher Kontrollversuch. Die Probeentnahme erfolgte während der ganzen Dauer des Hauptversuches. Nach Beendigung dieser Versuche wurde die Zimmertemperatur mittels Schleuderthermometer bestimmt und der Barometerstand an einem großen Bohneschen kompensierten Aneroid abgelesen. Diesen Ablesungen folgte noch die Bestimmung der Luftfeuchtigkeit vermittels eines Aßmannschen Aspirationspsychrometers.

Der Gang eines Arbeitsversuches war folgender: Nach dem Erwachen wurde wie beim Ruheversuch Puls und Atmung durch 20—30 Minuten gezählt. In der zweiten Hälfte des Versuches, die auf der Capanna Regina Margherita beginnt, wurde der Puls- und Atemzählung ein Respirationsversuch im Liegen von 10 Minuten Vorversuchs- und 15 Minuten Hauptversuchsdauer angeschlossen. Dieser Atemversuch im Liegen wurde während der ersten Aufenthaltsperiode auf Colle d'Olen nicht ausgeführt. Nach dem Erheben aus dem Bett wurde die Atem- und Pulsfrequenz im ruhigen Stehen 15—20 Minuten lang gezählt, dann ein Respirationsversuch im ruhigen Stehen (10 Minuten Vorversuch, 15 Minuten Hauptversuch) ausgeführt. Daran schloß sich die eigentliche Arbeitsleistung, welche in 2 Etappen (Übung I und Übung II) ausgeführt wurde. Jede dieser Übungen bestand darin, daß nach dem Takte des Sekunden-Metronoms in 30 Sekunden 15 große Kniebeugen mit Vorstoßen von zwei je 3 kg schweren Hanteln in die Vorhebhalte ausgeführt wurden und zwar in der Weise, daß auf einen Sekundentakt die Kniebeuge und Vorstoßen der Hanteln, auf den folgenden zweiten Takt Rückkehr zur Grundstellung mit Beugen der Arme zur Brust erfolgte. Die Übungen wurden mit angelegter Nasenklemme ausgeführt und sofort nach der letzten Rückkehr zur Grundstellung die Atmung in die Gasuhr begonnen und 10 Minuten lang fortgesetzt. Die Dauer der Probeentnahme beschränkt sich nur auf die ersten 5 Minuten der Versuchsdauer, da bei der raschen Atmung das Proberohr fast leer gelaufen war; dann wurde der Stand der Gasuhr notiert und noch weitere 5 Minuten in die Gasuhr geatmet und am Ende neuerlich die Gasuhr abgelesen. Die Probeentnahme auf einen größeren Zeitraum

als die ersten 5 Minuten nach der Arbeitsleistung auszudehnen wäre unzweckmäßig gewesen, weil die Atmung nach 15 Hantelübungen sehr rasch zur Norm zurückkehrt, wie die Versuche von Fuchs im Jahre 1907 gezeigt haben. Bei einer längeren Dauer der Probeentnahme wären demnach die Ausschläge weniger deutlich hervorgetreten.

Nach Beendigung des Respirationsversuches wurde die Proberöhre abgenommen und durch eine neue ersetzt und dann eine Pause von 10 Minuten eingeschaltet, während welcher die Versuchsperson ruhig stand. Dann wurden wieder 15 Hantelübungen (Übung II) mit darauffolgendem Respirationsversuch ausgeführt. Zwischen der ersten und zweiten Übung lag demnach ein Zeitintervall von 20 Minuten, welches mehr als hinreichend war, die Atmung zur Norm zurückkehren zu lassen. Nach Beendigung des zweiten Respirationsversuches wurden noch 30 Hantelübungen ausgeführt, ohne daß nach diesen ein Atmungsversuch folgte. Während der Periode der Arbeitsversuche wurde außerdem noch mittags und abends vor dem Schlafengehen je 60 Hantelübungen ausgeführt, also täglich 180 Übungen.

Um wenigstens einen ungefähren Anhaltspunkt über den Umfang der täglich gemachten Bewegung zu haben, wurde früh nach dem Aufstehen sofort der Schrittzähler angelegt und erst abends unmittelbar vor dem Zubettgehen wieder abgelegt. Die am Schrittzähler abgelesenen Zahlen sind zwar nicht genau der Schrittzahl entsprechend, aber immerhin sind sie als Anhaltspunkt für die tägliche Bewegung zu verwenden. Als Durchschnittswerte für die einzelnen Versuchsperioden ergeben sich folgende tägliche Schrittzahlen.

Tabelle I.

Tägliche Schrittzahlen.

Ort	Fuchs	Deimler
Erlangen I.	14600	13300
Colle d'Olen I.	6700	7500
Capanna Regina Margherita	1200	1900
Colle d'Olen II.	8200	6200
Erlangen II.	13400	9300

Obwohl die täglichen Schrittzahlen während der gleichen Versuchsperiode innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankten,

so zeigen sie doch, daß während des Aufenthaltes auf Colle d'Olen weit geringere Wegstrecken zurückgelegt wurden als in Erlangen. Dafür waren aber auf Colle d'Olen kleine Spaziergänge und kurze Klettereien am Corno del Camoscio vor dem Abendessen ausgeführt worden, die den Mangel an Bewegung ersetzen sollten. Auf der Capanna Regina Margherita war die Bewegung eine sehr geringe, da wir während der Versuchstage die Hütte nicht verließen und uns einzig und allein mit kleinen Promenaden auf der nach Süden gelegenen Galerie des Observatoriums begnügen mußten, weil jeder andere, wenn auch noch so kleine Spaziergang einen Abstieg auf den oberen Grenzgletscher mit folgendem Wiederaufstieg zur Hütte notwendig gemacht hätte, der wegen der im Jahre 1908 meist sehr ungünstigen Schneeverhältnisse (der Gipfelanstieg war meist stark vereist) und des meist schlechten Wetters immerhin eine erhebliche Arbeitsleistung bedingt hätte, die sich mit den Arbeitsleistungen in Erlangen und auf Colle d'Olen in keine rechte Parallele bringen ließe.

Da bei der Beurteilung der Versuche auch die Zeit der Ruhe, insbesondere die Dauer des Schlafes eine Bedeutung hat, so sei auch die durchschnittliche tägliche Schlafdauer während der einzelnen Versuchsperioden angegeben.

Tabelle II.

Tägliche Schlafdauer.

Ort	Fuchs	Deimler
Erlangen I.	5 Std. 40 Min.	5 Std. 50 Min.
Colle d'Olen I.	7 „ 40 „	7 „ 56 „
Capanna Regina Margherita	7 „ 55 „	8 „ 35 „
Colle d'Olen II.	7 „ 44 „	7 „ 36 „
Erlangen II.	6 „ 25 „	6 „ 30 „

Auch in der Schlafdauer kamen vereinzelte größere Schwankungen vor, indem sowohl nach unten wie nach oben Abweichungen vom Mittel stattfanden. Die geringste Dauer des Schlafes während des ganzen Versuches beträgt bei Fuchs 4 Stunden 18 Minuten (in Erlangen I), bei Deimler 4 Stunden 45 Minuten (in Erlangen I), die längste bei Fuchs 9 Stunden 30 Minuten (auf der Capanne Regina Margherita) und bei Deimler 10 Stunden 30 Minuten (gleichfalls auf der Capanna Regina Margherita).

Gewiß sind einzelne tägliche Schwankungen des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlensäureproduktion während der gleichen Versuchsperioden auf die Schwankungen der Schlafdauer zu beziehen. In der großen Mehrzahl der Fälle ließ es sich doch ermöglichen, daß während der einzelnen Versuchsperioden die Schlafdauer zumeist nicht wesentlich vom Mittelwert der Periode abwich.

Während der ersten Versuchsperiode in Erlangen mußte die umfangreiche Analysenarbeit der Nahrungsmittel und des Harns bewältigt werden, was nur durch eine entsprechende Verkürzung der Nachtruhe möglich war. Da es auf Colle d'Olen und der Capanna Regina Margherita unmöglich war Stickstoffanalysen auszuführen, konnten wir fast 2 Stunden täglich mehr für unsere Nachtruhe gewinnen. Während des zweiten Aufenthaltes in Erlangen wurden die Stickstoffbestimmungen wieder aufgenommen und deshalb die Schlafzeit um eine Stunde verkürzt.

Da alle Versuche im strengen Stoffwechselregime durchgeführt wurden, so erscheint es auch notwendig, die täglich aufgenommenen Nahrungsmengen anzugeben. Die Nahrung bestand ausschließlich während der ganzen $3^1/_2$monatigen Versuchsdauer aus Konservennahrung: Fleischkonserven, Kakes, Dörrgemüse, Marmelade, Schokolade. Näheres darüber wird Fuchs bei Veröffentlichung der Stoffwechselversuche mitteilen.

Die tägliche Nahrungszufuhr betrug für die beiden Versuchspersonen im Durchschnitt folgende Mengen:

Tabelle III.

Tägliche Nahrungsaufnahme.

Versuchsperson	Versuch	Eiweiß g	Fett g	Kohlenhydrate g
Fuchs	Ruhe	105	206	371
„	Arbeit	112	223	396
Deimler	Ruhe	107	235	404
„	Arbeit	114	264	396

Die Vermehrung der Fettzahl bei gleichzeitiger Verminderung der Kohlenhydrate bei Deimler während der Arbeitsversuche beruht darauf, daß Deimler vielfach an Stelle der 50 g Schokolade, welche als Arbeitszulage zur täglichen Kost berechnet waren, eine isodyname Menge Butter nahm, um nicht zu große Schokolademengen essen zu müssen. Vergleichen wir

damit die Zahlen, welche Voit als Kostmaß für einen mittleren Arbeiter aufgestellt hat: 118 g Eiweiß, 56 g Fett, 500 g Kohlenhydrate, so fällt vor allem auf, daß wir eine sehr wesentlich größere Fettmenge und eine etwas kleinere Kohlenhydratmenge zu uns nahmen. Bereits die Mitglieder der Zuntzschen Expedition vom Jahre 1901 haben zwischen 106 und 200 g Fett zu sich genommen, aber unsere Fettzufuhr übersteigt noch die Werte der Zuntzschen Expedition nicht unerheblich. Diese hohe Fettzufuhr bei verhältnismäßig mittlerer Kohlenhydrataufnahme hatten wir gewählt mit Rücksicht auf die übliche Ernährung des Hochtouristen, der erfahrungsgemäß große Fettmengen in Form von Butter und Speck zu sich zu nehmen pflegt. Bezüglich der Kohlenhydratzahlen sei noch erwähnt, daß sie nur indirekt bestimmt sind, als Restzahlen nach Abzug der durch Analysen direkt ermittelten Zahlen für Eiweiß, Fett, Wasser und Asche. Die Eiweißzahlen sind auf Grund von Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl angegeben. Als Fett sind die nach der Soxhletschen Methode mit Äther extrahierbaren Substanzen angeführt.

Endlich seien noch die durchschnittlichen Körpergewichte der beiden Versuchspersonen erwähnt, die während der ganzen Versuchsdauer nur ganz unwesentlich schwankten. Es wog Fuchs 66 kg, Deimler 68 kg.

Zur weiteren Charakteristik der Versuchspersonen sei erwähnt, daß Fuchs 38 Jahre; Deimler 26 Jahre alt ist, die Körperlänge beträgt bei Fuchs $172^1/_2$ cm, bei Deimler 178 cm. Beide Versuchspersonen sind muskelkräftige Individuen ohne jeden Fettansatz, aber in gutem Ernährungszustand und können als geübte Alpinisten gelten, wobei bemerkt sei, daß Deimler der leistungsfähigere ist. Vor Beginn der Versuche des Jahres 1908 hat kein Training stattgefunden, ja es wurde ein solches absichtlich unterlassen, so daß die nachstehend veröffentlichten Zahlen für den untrainierten Menschen gelten.

Der Versuch begann am 1. Juli 1908 in Erlangen und endete am 13. Oktober abends in Erlangen und gliedert sich in die nachstehenden Perioden:

I. Erster Aufenthalt in Erlangen (240 m Seehöhe).

a) Vorperiode zur Einstellung in das Stoffwechselgleichgewicht vom 1. bis 13. Juli Abend (13 Tage).

b) Ruheversuche vom 14. Juli bis 23. Juli Abend (10 Tage).
c) Arbeitsversuche vom 24. Juli bis 29. Juli Abend (6 Tage).
d) 30. Juli bis 1. August Abend wurden Reisevorbereitungen getroffen.

Die respiratorischen Versuche konnten nur in der Zeit vom 24. bis 29. Juli ausgeführt werden, da uns der gasanalytische Apparat zu spät geliefert worden war. Am 1. August Abend erfolgte die Abreise nach Varallo im Sesiatale, wo wir am Abend des 2. August eintrafen. Am nächsten Morgen (3. August) fuhren wir nach Alagna am Südfuße des Monte Rosa und unternahmen sofort den Aufstieg nach Colle d'Olen, wo wir Nachmittag um 2 Uhr eintrafen (Reise $1^1/_2$ Tage). Weder während der Reisevorbereitungen, noch während der Reise selbst wurde das Stoffwechselregime der Ernährung unterbrochen.

II. Erster Aufenthalt auf Colle d'Olen (rund 3000 m Seehöhe).

a) Vorperiode vom 3. und 4. August, um die Nachwirkung der Reise auszuscheiden ($1^1/_2$ Tage).
b) Ruheversuche vom 5. August bis 13. August Abend (9 Tage).
c) Arbeitsversuche vom 14. August bis 19. August Abend (6 Tage).
d) 20. August bis 23. August mittags wurden die Apparate für den Aufstieg auf den Monte Rosa Gipfel (Punta Gnifetti-Signalkuppe 4560 m) gepackt und alle Vorbereitungen zum Aufstieg getroffen.

Am 23. August mittags um 2^{15} Uhr begannen wir den Aufstieg und gelangten um 4^{45} Uhr zur Capanna Gnifetti (3600). Der am nächsten Morgen geplante Aufstieg zur Capanna Regina Margherita auf der Signalkuppe konnte wegen starken Sturmes nicht angetreten werden. Erst mittags 2^{10} Uhr konnten wir es wagen, bei immerhin noch starkem Sturm den Aufstieg zur Signalkuppe zu beginnen, die wir Abend 8^{08} Uhr erreichten. Wegen der sehr ungünstigen Schneeverhältnisse, es lag tiefer Neuschnee, in den wir bis zu den Knieen einsanken, und des Sturmes sowie der starken Belastung wegen — Fuchs trug im Rucksack $16^1/_2$ kg, Deimler 18 kg — war der sonst leichte Aufstieg sehr ermüdend und beanspruchte 5 Stunden 58 Minuten, während man bei guten Schneeverhältnissen für den mäßig geübten Durchschnittstouristen 4 Stunden rechnet. Fuchs hatte

in der Nacht vom 23. August zum 24. August einen akuten Migräneanfall, der zweifellos vom ungewohnten Tragen des schweren Rucksackes herrührte, da Fuchs auch in der Ebene nach Tragen eines schweren Rucksackes infolge der dadurch bedingten Stauung im venösen Kreislauf gelegentlich Migräneanfälle an sich beobachtet hat. Auch sonst ist Fuchs zu Migräne disponiert. Als Bergkrankheit kann dieser Migräneanfall aber nicht gedeutet werden. Durig hat in seiner jüngst erschienenen Einleitung gleichfalls an sich einen ähnlichen Migräneanfall beschrieben. Deimler konnte trotz der Anstrengung des Aufstieges am nächsten Tage (25. August) eine Tour auf die benachbarte Zumsteinspitze unternehmen, während Fuchs mit der Einrichtung des Laboratoriums sich beschäftigte. Der 26. August wurde gleichfalls der Einrichtung des Laboratoriums gewidmet.

III. Aufenthalt auf der Capanna Regina Margherita.

a) Vorbereitungen 25. bis 26. August (2 Tage).

b) Ruheversuche vom 27. August bis 30. August morgens (4 Tage).

Leider gingen die zur Analyse bestimmten Gasproben der Versuche dieser Perioden verloren, weil unsere Träger den gasanalytischen Apparat wegen starken Schneesturmes nicht zu uns bringen konnten.

Der eingetretene Wettersturz und das ungebührliche Ausbleiben der Träger hatten zur Folge, daß Deimler am 4. September nach Colle d'Olen absteigen mußte, um die Träger zu requirieren, die endlich am 6. September den gasanalytischen Apparat auf die Capanna Regina Margherita brachten. Fuchs war auf der Capanna zurückgeblieben; Deimler kehrte am 7. September auf die Capanna zurück. Die von Fuchs am 6. September analysierten Gasproben der Ruheversuche vom 27. bis 30. August ergaben, daß die Kohlensäure aus der Proberöhre vollständig herausdiffundiert war, während der Sauerstoffgehalt trotz des langen Liegens sich nicht geändert hatte.

c) Ruheversuche: Fuchs vom 7. bis 9. September Abend (3 Tage), Deimler vom 8. bis 9. September (2 Tage).

d) Arbeitsversuche vom 10. bis 13. September Abend (4 Tage).

Am 14. September wurde die Capanna Regina Margherita geschlossen und der Abstieg um 10^{15} Uhr morgens nach Colle d'Olen angetreten, wo wir nach fast 5stündigem anstrengendem Marsch in Neuschnee mit schwerbepackten Rucksäcken nach 22tägiger Abwesenheit (23. August bis 14. September) um 3 Uhr nachmittags eintrafen. Zu unserem größten Bedauern ist durch die force majeure die Zahl der am Monte Rosa-Gipfel angestellten Respirationsversuche eine geringere, als geplant gewesen war. In der Zeit vom 30. August bis 5. September fehlten die Fleischkonserven zum Stoffwechselversuch. Bis zum 2. September wurden Konserven des Hüttenproviants an ihre Stelle gesetzt, und als diese auch aufgezehrt waren, wurde das Fleisch durch Käse und Schokolade aus unserem Stoffwechselproviant in isodynamen Mengen ersetzt. Die Zeit vom 30. August Mittag bis zum 6. September Abend wurde nicht in den strengen Stoffwechselversuch einbezogen; Fuchs konnte bereits am 6. September wieder vollkommen im strengen Stoffwechselregime leben und begann den Versuch neuerdings am 7. September. Deimler unterbrach mit dem Abmarsch nach Colle d'Olen am 4. September das Stoffwechselregime vollständig und begann damit wieder am 7. September mittags nach seiner Ankunft auf der Capanna Regina Margherita. Die Versuche beginnen bei ihm am 8. September, der erste Respirationsversuch aber erst am 9. September.

IV. Zweiter Aufenthalt auf Colle d'Olen.

a) Auspacken der Apparate am Nachmittag des 14. September und am 15. September ($1^1/_2$ Tage).
b) Ruheversuche 16. bis 17. September Abend (2 Tage).
c) Arbeitsversuche 18. bis 21. September Mittag (4 Tage).

Am Nachmittag des 21. September und am 22. September wurden wieder alle Kisten zum Rücktransport nach Erlangen fertig gepackt und am 23. September früh der Abstieg nach Alagna und von da aus die Weiterreise nach Erlangen angetreten, wo wir am Abend des 25. September wieder eintrafen. Während der Reisetage (23. bis 25. September) konnte das Stoffwechselregime nicht aufrecht erhalten werden, es wurde aber damit sofort am 26. September wieder begonnen.

V. Zweiter Aufenthalt in Erlangen.

a) Vorperiode 26. bis 30. September Abend (5 Tage), um die Störungen der Reise vollständig abklingen zu lassen.
b) Ruheversuche vom 1. bis 7. Oktober Abend (8 Tage).
c) Arbeitsversuche vom 8. bis 12. Oktober Abend (5 Tage). Am 12. Oktober schloß um 11^{40} Uhr der Versuch nach einer Gesamtdauer von 104 Tagen.

Gasanalyse und Berechnung der Versuchsergebnisse.

Zur Analyse der Gasproben wurde der von J. Rosenthal[1]) konstruierte Apparat verwendet, an dem einige Abänderungen, die für unsere speziellen Zwecke notwendig waren, angebracht wurden. An Stelle der von Rosenthal verwendeten Hempelschen Phosphorpipette für die Sauerstoffabsorption wurde die von Durig konstruierte heizbare Phosphorpipette angewendet. Ferner wurde an dem Apparat die Durigsche Kalilaugenpipette zur Absorption der Kohlensäure angebracht, sowie ein Halter für die Sammelröhren der Zuntzschen Gasuhr mit der zugehörigen Füllkugel. Unser Apparat stellt demnach eine für unsere Zwecke sehr bequeme Kombination des Rosenthalschen und Durigschen Apparates dar, die neben der leichten Handhabung den Vorzug der leichten Transportabilität und Kompendiosität gewährte. In Erlangen war es nicht nötig, die Phosphorpipette zu heizen, dagegen wurde auf Colle d'Olen und der Capanna Regina Margherita die Phosphorpipette auf 18^0 erwärmt. Die Pipette für die Kohlensäureabsorption war mit $30\,\%$iger Kalilauge gefüllt. Als Sperrflüssigkeit diente angesäuertes Wasser.

Zu jeder Analyse wurden 45—49 ccm der zu analysierenden Luft in das Eudiometer des Apparates angesogen. Die Ablesung des aufgenommenen Luftvolumens im Eudiometer wurde so lange wiederholt, bis der Ablesungswert konstant war, d. h. kein Wasser von den Glaswänden des Rohres mehr ablief. Dann wurde die Luftprobe in die Kalipipette übergeführt und in dieser 5 Minuten belassen, sodann in das Eudiometer zurückgeholt und das Gasvolumen so lange abgelesen, bis es wieder

[1]) J. Rosenthal, Untersuchungen über den respiratorischen Stoffwechsel. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1902.

konstant war. Um Gewißheit darüber zu erlangen, daß alles Kohlendioxyd absorbiert worden ist, wurde die Gasprobe nochmals einer 5 Minuten lange dauernden Absorption in der Kalipipette unterworfen und dann wieder in das Eudiometer zurückgeholt. Die beiden nach der ersten und zweiten Absorption abgelesenen Gasvolumina stimmen meist vollkommen überein, nur in der weitaus kleineren Minderzahl zeigen sie eine Volumendifferenz von 0,05 ccm, d. h. um 0,11 %. Demnach war die Kohlendioxydabsorption schon nach dem ersten Aufenthalt in der Kalipipette vollständig erfolgt. Selbstverständlich wurde auf das sorgfältigste vermieden, daß die Kalilauge über die Marke, welche an der vor der Pipette befindlichen Kapillare angebracht war, hinaustrat.

Nach der Kohlendioxydabsorption erfolgte die Überführung der Gasprobe in die Phosphorpipette, in der das Gas gleichfalls 5 Minuten verblieb; auch hier wurde die Absorption wiederholt und zeigte, daß bereits nach den ersten 5 Minuten die Sauerstoffabsorption vollständig erfolgt war. Von jeder Proberöhre wurden zwei vollständige Parallelanalysen durchgeführt, die eine sehr befriedigende Übereinstimmung zeigten. Das nach der Kohlendioxyd- und Sauerstoffabsorption zurückbleibende Restgasvolumen wurde als mit Wasserdampf vollständig gesättigter Stickstoff angesehen und der Berechnung des eingeatmeten Sauerstoffes nach der von H. Newton Heinemann[1]) aus dem Zuntzschen Institute publizierten Methode zugrunde gelegt.

Die Proberöhren wurden, soweit das möglich war, unmittelbar nach den Versuchen am gleichen Nachmittage analysiert. Etwa noch übrig gebliebene Proberöhren wurden am nächsten Morgen analysiert. Eine Veränderung in der Zusammensetzung der eingeschlossenen Luft trat beim Liegenlassen bis zum nächsten Morgen nicht ein, wie wir uns durch eigens angestellte Analysen überzeugt hatten. Nur auf der Capanna Regina Margherita war es ausgeschlossen, eine Gasprobe bis zum nächsten Morgen unanalysiert liegen zu lassen, weshalb hier

---

[1]) H. Newton Heinemann, Experim. Untersuchungen am Menschen über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Stoffverbrauch und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe als Quelle der Muskelkraft. Arch. f. d. ges. Physiol. (Pflüger) 83 (1901).

alle Analysen noch im Laufe des Versuchstages erledigt werden mußten.

Die Berechnung der in den Tabellen aufgeführten Werte erfolgte in nachstehender Weise.

Die durch die Gasanalyse direkt gefundenen Werte für den Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalt der Exspirationsluft wurden in Prozente umgerechnet.

Das nach der Sauerstoffabsorption im Eudiometer zurückbleibende Restgas wurde der Berechnung des eingeatmeten Sauerstoffs zugrunde gelegt. Da das Restgas ein mit Wasserdampf gesättigtes Gasvolumen darstellt, so wird sein Wert zur weiteren Verwendung in der Berechnung zunächst auf Trockenheit, 0° und 760 mm Hg-Druck reduziert. Der erhaltene Wert gilt als Stickstoffwert der Analyse. Aus diesem Werte wird die pro Minute in der Exspirationsluft ausgeatmete Stickstoffmenge berechnet nach der Formel:

1) . . Reduz. N der Exspirationsluft pro Minute =

$$\frac{\text{Reduz. N der Analyse (Restgas)} \times \text{Atemgröße pro Min. reduz.}}{\text{Das zur Analyse aufgenommene Gasvol. reduz.}}.$$

Da alle früher angestellten exakten Untersuchungen einschließlich der zuletzt von Oppenheimer[1]) im Zuntzschen Institut ausgeführten Versuche ergeben haben, daß durch die Lungen weder eine Stickstoffaufnahme aus der Atemluft, noch eine Stickstoffabgabe an die Lungenluft erfolgt, so muß der ausgeatmete Stickstoff genau der eingeatmeten Stickstoffmenge entsprechen und kann zur Berechnung der eingeatmeten Sauerstoffmenge nach der Methode von Newton Heinemann verwendet werden, denn in der inspirierten Luft entfallen auf 79,09 Teile N_2 20,88 Teile O_2. Daher berechnet sich der pro Minute aufgenommene O_2 nach der Formel:

2) . . Der pro Minute eingeatmete O_2 reduziert =

$$\frac{\text{Minutenvolumen des } N_2 \text{ reduziert} \times 20{,}88}{79{,}09}.$$

Um zur Berechnung des Sauerstoffverbrauches (Sauer-

[1]) Carl Oppenheimer, Über die Frage der Anteilnahme elementaren Stickstoffes am Stoffwechsel der Tiere. Biochem. Zeitschr. 4 (1907).

stoffdefizit) zu gelangen, muß zunächst die pro Minute ausgeatmete Sauerstoffmenge ermittelt werden.

3) . . . Die pro Minute ausgeatmete O_2-Menge =

$$\frac{O_2 \text{ Volumen } \% \text{ der Analyse} \times \text{Atemgröße pro Minute nicht reduz.}}{100}.$$

Hier muß das nichtreduzierte Minutenvolumen gewählt werden, weil der in der Phosphorpipette absorbierte Sauerstoff trockener Sauerstoff ist. Die aus der letztgenannten Formel erhaltene Sauerstoffmenge wird zur weiteren Berechnung auf 0° und 760 mm Hg-Druck reduziert (ohne Abzug von Tension). Erst dieser nach der Reduktion erhaltene Wert ist das Minutenvolumen des ausgeatmeten Sauerstoffs, der vom Minutenvolumen des inspirierten Sauerstoffs abgezogen wird. Die erhaltene Differenz ist der absolute Wert des Sauerstoffdefizits, welcher dann in Prozenten der pro Minute eingeatmeten Sauerstoffmenge ausgedrückt wird und den relativen Sauerstoffverbrauch angibt.

Die Berechnung des pro Minute ausgeschiedenen Kohlendioxyds erfolgt in analoger Weise wie die des ausgeatmeten Sauerstoffs nach der Formel:

4) . . . CO_2-Volumen der Exspirationsluft =

$$\frac{CO_2 \text{ Volumen } \% \text{ der Analyse} \times \text{Atemgröße pro Min. nicht reduz.}}{100}.$$

Der erhaltene Wert wird dann auf 0° und 760 mm Hg-Druck reduziert (ohne Abzug von Tension). Um die Menge des im Organismus produzierten, durch die Lungen ausgeschiedenen Kohlendioxyds zu ermitteln, muß von dem zuletzt erhaltenen reduzierten CO_2-Wert die Menge des mit der Inspirationsluft aufgenommene CO_2 abgezogen werden. Wir haben den Wert des CO_2 der Inspirationsluft auf Grund der Analysen von Zuntz und seinen Mitarbeitern auf 0,03% angenommen. Analysen der Inspirationsluft haben wir selbst, wie bereits erwähnt, nicht ausgeführt. Das Volumen des inspirierten CO_2 berechnet sich analog dem des inspirierten O_2 nach der Formel:

5) . . . CO_2 Volumen der Inspirationsluft =

$$\frac{\text{Minutenvolumen } N_2 \text{ reduziert} \times 0{,}03}{79{,}09}.$$

Endlich wurde noch der respiratorische Quotient $= \frac{\text{Produziertes } CO_2}{\text{Verbrauchten } O_2}$ berechnet.

Atemvolumina.

Die Veränderung der Größe der Atemvolumina, welche beim Übergang aus der Ebene in das Hochgebirge eintritt, ist von allen Autoren: Mosso, Zuntz und seinen Mitarbeitern, Durig, zuletzt von R. F. Fuchs eingehend studiert worden. Alle Untersucher haben gefunden, daß bei Ruheversuchen das an der Gasuhr direkt abgelesene Volumen oder auch das auf das Lungenvolumen (mit Feuchtigkeit gesättigt bei Körpertemperatur) umgerechnete Atemvolumen, wie es Fuchs getan hat, beim Übergang von der Ebene ins Hochgebirge eine bedeutende Vergrößerung erfährt, die mit der Dauer des Hochgebirgsaufenthaltes sich etwas vermindert, aber selbst nach fast 2monatlichem Höhenaufenthalt, wie in den Versuchen von Fuchs, noch immer wesentlich höher ist als in der Ebene. Tatsächlich zeigen aber die eingeatmeten, auf 0°, 760 mm Hg und Trockenheit reduzierten Luftmengen mit der Erhebung über das Meeresniveau trotz der umfangreicheren Atmung eine Abnahme ihrer Größe, welche durch die im Hochgebirge bestehende barometrische Druckerniedrigung bedingt ist. Dagegen ist die Wasserdampfabgabe durch die Lungen im Hochgebirge wesentlich gesteigert.

Da die hier zu beschreibenden Versuche sich ausschließlich mit dem respiratorischen Stoffwechsel befassen und daher die Atemmechanik außerhalb des Umfanges dieser Veröffentlichung gelegen ist, wurde von der Umrechnung der direkt beobachteten Gasvolumina auf das Lungenvolumen abgesehen und nur die erforderliche Reduktion auf 0°, 760 mm Hg und Trockenheit in den Tabellen ausgeführt.

Die nachstehende Tabelle IV enthält die Mittelwerte der pro Minute bei horizontaler Bettlage geatmeten, reduzierten Gasvolumina für die einzelnen Versuchsperioden.

Tabelle IV.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute im Liegen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch Liter	Arbeitsversuch Liter	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch Liter	Arbeitsversuch Liter	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Erlangen I.	—	5,051	—	—	5,900	—
Colle d'Olen I. . . .	4,547	—	—	5,529	—	—
Capanna Regina Margherita	4,058	4,226	+ 4,14	4,332	4,969	+ 14,75
Colle d'Olen II. . . .	4,638	4,706	+ 1,47	5,200	5,347	+ 2,83
Erlangen II.	4,900	5,073	+ 3,53	4,959	5,869	+ 18,35

Diese Übersichtstabelle der Mittelwerte zeigt zunächst, daß bei Fuchs zwischen den Atemvolumina im ruhigen Liegen während der Ruhe- und Arbeitsperioden am gleichen Ort keine nennenswerte Differenz besteht, denn die Arbeitswerte sind im Mittel nur um 3,04 % größer als die Ruhewerte; solche Differenzen werden aber auch sonst an verschiedenen Versuchstagen der gleichen Versuchsperiode beobachtet. Dagegen liegen bei Deimler die Ruhewerte während der Arbeitsperioden wesentlich höher als während der Ruheperioden. Es scheint also, daß Deimlers Atmung durch Arbeit leichter vergrößert wird als bei Fuchs. Bei Deimler ist überhaupt die Differenz der Atemgröße an verschiedenen Tagen der gleichen Versuchsperiode größer als bei Fuchs, und deshalb fällt auch der Arbeitswert während des Aufenthaltes auf Colle d'Olen auffallend niedrig aus. Ja Deimler zeigt auf Colle d'Olen eine Ausnahme von der Regel, indem bei ihm die Ruhewerte auf Colle d'Olen größer sind als in Erlangen, während Fuchs sich in seinem Verhalten ganz den von früheren Autoren bisher ermittelten Befunden anschließt, wonach mit der Erhebung in größere Höhenlagen die reduzierten Atemvolumina bei der Ruhe abnehmen.

Die Konstanz der Atemgröße ist bei Fuchs eine sehr große, wie ein Vergleich der betreffenden Zahlen der Versuche

vom Jahre 1907 und 1908 zeigt, zumal die Versuche in beiden Jahren zur selben Zeit (Juli bis Oktober) an den gleichen Orten angestellt wurden.

Tabelle V.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute im Liegen (Fuchs).

Ort	1907 Liter	1908 Liter	Differenz in % von 1907
Erlangen I.	5,112	5,051	— 1,21
Colle d'Olen I.	4,620	4,547	— 1,58
Capanna Regina Margherita . .	3,667	4,058	+ 11,16
Colle d'Olen II.	4,352	4,638	+ 6,57
Erlangen II.	4,554	4,900	+ 7,60

Eine erhebliche Abweichung ist nur auf der Capanna Regina Margherita zu konstatieren, weniger groß sind die Differenzen während der zweiten Aufenthalte in Erlangen und Colle d'Olen. Gerade diese Differenzen sind sehr interessant, weil sie eine Erklärungsmöglichkeit enthalten und uns einen Hinweis auf die Wirksamkeit eines Klimafaktors, nämlich der Kälte, bieten. Im Jahre 1907 war während des Aufenthaltes auf dem Monte Rosa-Gipfel meist heiteres und warmes Wetter, während 1908 es meist trüb und sehr kalt war; der ähnliche, wenn auch nicht so große Unterschied war auch während des zweiten Aufenthaltes auf Colle d'Olen und in Erlangen zu konstatieren, während auf Colle d'Olen I und in Erlangen I in den aufeinanderfolgenden Jahren die Witterung gleichmäßig gut und warm war. Die niedrigere Außentemperatur an den gleichen Orten würde die Differenz des Jahres 1908 genügend erklären, denn bei kühlerer Außentemperatur müssen die Oxydationsprozesse sich steigern, um den vermehrten Wärmeverlust zu kompensieren, weil offenbar für länger dauernde gesteigerte Wärmeverluste die Regulation durch Verminderung der Wärmeabgabe nicht ausreicht. Wenn aber eine gesteigerte Wärmeproduktion durch Steigerung der Oxydationsprozesse eintritt, dann wird der Sauerstoffgehalt des Blutes verringert und dadurch das Atmungszentrum zu ver-

stärkter Tätigkeit angeregt, was zu einer Vergrößerung des Atemvolumens führen muß.

Die während des ruhigen Stehens pro Minute geatmeten reduzierten Gasvolumina sind in Tabelle VI enthalten.

Tabelle VI.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute im Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch Liter	Arbeitsversuch Liter	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch Liter	Arbeitsversuch Liter	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Colle d'Olen I. . . .	5,862	5,633	— 3,91	6,458	7,111	+ 10,11
Capanna Regina Margherita	5,042	5,414	+ 7,37	6,530	6,800	+ 3,97
Colle d'Olen II. . . .	6,294	5,831	— 7,36	7,863	7,126	— 9,37
Erlangen II.	6,095	6,369	+ 4,30	7,554	7,363	— 2,53

Die voranstehende Tabelle zeigt zunächst ein scheinbar ganz unregelmäßiges Verhalten der Atemvolumina, doch läßt sich sofort erkennen, daß während der Arbeitsperioden das Atmungsvolumen im ruhigen Stehen mit der Erhebung in größere Höhen abnimmt, ganz analog wie die Atemvolumina beim ruhigen Liegen. Diese Gesetzmäßigkeit tritt auch bei den Versuchen der Ruheperiode auf, aber hier fällt bei beiden Versuchspersonen der Mittelwert während des zweiten Aufenthaltes auf Colle d'Olen relativ hoch aus. Er ist größer als in der folgenden Versuchsperiode in Erlangen. Welche Ursachen die Erhöhung der Atemgröße auf Colle d'Olen II hervorgerufen haben, kann nicht mit Sicherheit angegeben werden, jedenfalls handelt es sich dabei nicht um einen zufälligen Versuchsfehler. Eine Erklärungsmöglichkeit für die hohen Ruhewerte im Stehen liegt allerdings vor. Da die Periode der Ruheversuche auf Colle d'Olen II, die dem Abstieg von der Capanna Regina Margherita folgte, nur 2 Tage dauerte, und bereits am zweiten Tage nach dem Abstieg begann (14. September Abstieg, erster Ruheversuch 16. September), so waren die eigentlichen Ruhewerte für Colle d'Olen noch nicht er-

reicht, sondern der Organismus hinkt in seinen Einstellungen auf die veränderten äußeren Lebensbedingungen etwas nach, worauf Fuchs in seiner ersten Mitteilung bereits aufmerksam gemacht hat, dazu kommen noch die Anstrengungen des wegen starken Neuschnees sehr ermüdenden Abstiegs und das Auspacken der Kisten. Beim ruhigen Liegen trat diese Nachwirkung nicht in Erscheinung, sie ist bei Fuchs vielleicht nur angedeutet, aber sowie die Mehrarbeit des Stehens geleistet werden mußte, wurde sie manifest. Denn nach den Untersuchungen von Zuntz und seinen Mitarbeitern hat sich bei Ermüdung eine wesentliche Steigerung der Respirationsgröße ergeben.

Die Atemgröße im Stehen ist bei Fuchs, abgesehen von der zweiten Versuchsperiode auf Colle d'Olen, während der Ruheperiode und Arbeitsperiode nicht sehr verschieden. Bei Deimler fällt der Wert auf Colle d'Olen I während der Arbeitsperiode nicht unbeträchtlich höher aus als während der Ruheperiode. Sowohl bei Fuchs als bei Deimler stimmen aber die Atmungsgrößen der Arbeitsperioden während der beiden Aufenthalte auf Colle d'Olen ausgezeichnet überein.

Immerhin zeigen aber die Differenzen der Tabelle VI, daß die Atmung im Stehen lange nicht so gleichmäßig ist wie bei ruhiger Horizontallage. Es rührt das zweifellos davon her, daß selbst das ruhige Stehen zu verschiedenen Zeiten und insbesondere auch an Orten mit verschiedenem Luftdruck mit einem verschiedenen Kraftaufwand bewerkstelligt wird. Diese Tatsache wird sehr deutlich, wenn wir die Atemvolumina im Stehen von Fuchs aus den Jahren 1907 und 1908 miteinander vergleichen.

Die Tabelle VII zeigt, daß Fuchs im Jahre 1908 mit einem wesentlich geringeren Atemvolumen stand als 1907. Nur auf Colle d'Olen II sind die Atemvolumina dieselben. Der große Unterschied auf der Capanna Regina Margherita läßt sich besonders erklären. Im Jahre 1907 dauerte der Aufenthalt auf der Capanna Regina Margherita, der nach einem 21tägigen Aufenthalt auf Colle d'Olen stattfand, nur 9 Tage, während Fuchs im Jahre 1908 $21^1/_2$ Tage ununterbrochen auf der Capanna verweilte und die Atemversuche im Stehen erst am

Tabelle VII.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute im Stehen (Fuchs).

Ort	1907 Liter	1908 Liter	Differenz in % von 1907
Capanna Regina Margherita . .	6,669	5,228	— 21,59
Colle d'Olen II.	5,839	6,063	+ 3,84
Erlangen II.	7,152	6,232	— 12,86

17. Tage nach dem Aufstieg auf die Capanna begannen. Inzwischen hatte sich Fuchs akklimatisiert, so daß für ihn im Jahre 1908 die Arbeit des Stehens keine so bedeutende Veränderung des Atemvolumens mit sich brachte wie 1907, wo der Wert der reduzierten Atemvolumina auf dem Monte Rosa-Gipfel größer war als auf Colle d'Olen, ein Verhalten, das sonst nur bei einer beträchtlichen Arbeitsleistung zu konstatieren ist. Jm Jahre 1907 war auf der Capanna Regina Margherita also das ruhige Stehen bereits eine größere Arbeitsleistung, im folgenden Jahre aber zur Zeit der Versuche nicht mehr. Das größere Atemvolumen in Erlangen II ist zum Teil als Temperaturwirkung, zum Teil aber als individuelle Verschiedenheit des Atemvolumens im Stehen zu verschiedenen Zeiten anzusehen, ferner kommen dabei noch Störungen im Versuch durch Geräusche im Nebenzimmer in Betracht.

Vergleichen wir die Atemvolumina im Liegen mit denen im Stehen, so ergibt sich die Gegenüberstellung der Tabelle VIII.

Tabelle VIII.

Vergleich der reduzierten Atemvolumina pro Minute im Liegen und Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Liegen Liter	Im Stehen Liter	Zunahme im Stehen in %	Im Liegen Liter	Im Stehen Liter	Zunahme im Stehen in %
Colle d'Olen I.	4,547	5,748	26,41	5,529	6,785	22,68
Capanna Regina Margherita	4,142	5,228	26,22	4,651	6,665	43,30
Colle d'Olen II.	4,672	6,063	29,77	5,247	7,493	42,07
Erlangen II.	4,987	6,232	24,97	5,414	7,454	37,68

Die Zahlen der Tabelle VIII stellen die Mittelwerte aller Versuche im Liegen und Stehen dar, ohne Scheidung zwischen Ruhe- und Arbeitsperioden. Diese Zahlen zeigen nun ein noch viel gesetzmäßigeres Verhalten als die früheren, indem jetzt in den Versuchen von Fuchs ganz klar die Verminderung des reduzierten Atemvolumens im Liegen und Stehen bei Erhebung in größere Höhen hervortritt. Außerdem zeigt die Versuchsreihe von Fuchs, daß bei ihm an allen Orten fast die gleiche relative Erhöhung des Atemvolumens für das Stehen zu beobachten ist, so daß als Durchschnittswert für die Vermehrung des Atemvolumens beim Stehen gegenüber dem Liegen 26,7% angesehen werden kann. Die an Deimler gewonnenen Mittelzahlen sind lange nicht so gut übereinstimmend wie jene von Fuchs. Sie zeigen wohl auch die oben erwähnte Gesetzmäßigkeit deutlich, aber die prozentische Zunahme des Atemvolums im Stehen ist erst in den letzten drei Versuchsperioden eine gleichmäßigere. Für diese Perioden würde sich für Deimler beim Stehen eine Vermehrung des Atemvolumens um 40,35% ergeben. Der niedrige Wert während des ersten Aufenthaltes auf Colle d'Olen (22,68%) ist wohl in erster Linie dadurch bedingt, daß der Ruhewert im Liegen verhältnismäßig hoch ist, was darauf zurückzuführen sein dürfte, daß Deimler zu Beginn der Respirationsversuche auf Colle d'Olen doch etwas rascher atmete als sonst, wenn er die ihm noch wenig geläufige Atmung durch die Gasuhr vornehmen mußte.

Vergleichen wir die prozentische Vermehrung der Atemvolumina im Stehen, wie sie an Fuchs in den Jahren 1907 und 1908 beobachtet wurden, so ergibt sich die Tabelle IX.

Tabelle IX.

Prozentische Zunahme der Atemvolumina im Stehen (Fuchs).

Ort	1907	1908
Capanna Regina Margherita .	68,15%	26,22%
Colle d'Olen II.	31,55%	29,77%
Erlangen II.	52,73%	24,97%

Diese Zahlen lehren, daß Fuchs 1907 eine wesentlich stärkere Vergrößerung des Atemvolumens im Stehen aufzu-

weisen hatte, und daß sie auch keineswegs so gleichmäßig war wie 1908, und daß endlich im Jahre 1907 auf der Capanna Regina Margherita die Vermehrung der Atmung am größten war. Eine Erklärung für das Ansteigen der Atemfrequenz während des zweiten Aufenthaltes in Erlangen hat Fuchs dadurch gegeben, daß in Erlangen 1907 die Zahl der roten Blutkörperchen gegenüber Colle d'Olen stark abgenommen hatte. Im Jahre 1908 wurden keine Blutuntersuchungen vorgenommen, weshalb über diesen interessanten Punkt keine Angaben gemacht werden können.

Wir wenden uns nun zum Verhalten der reduzierten Atemvolumina nach Ausführung der Hantelversuche (Arbeitsversuche). Zunächst sollen die Atemvolumina pro Minute angegeben werden, welche sich als Durchschnittswert einer 10 Minuten langen Beobachtungsdauer aus den Versuchen ergeben.

Tabelle X.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute nach 15 Hantelübungen (Durchschnittswert nach 10 Minuten Versuchsdauer).

Ort	Fuchs			Deimler		
	Übung I Liter	Übung II Liter	Veränderung in % des Wertes von Übung I	Übung I Liter	Übung II Liter	Veränderung in % des Wertes von Übung I
Colle d'Olen I.	9,514	10,726	+ 12,45	9,521	9,412	— 1,15
Capanna Regina Margherita	10,639	9,822	— 7,49	10,731	9,919	— 7,57
Colle d'Olen II.	9,801	9,523	— 2,83	9,251	9,291	+ 0,43
Erlangen II.	10,932	10,835	— 0,89	10,397	10,326	+ 0,68

Die Gegenüberstellung der Atemvolumina nach den beiden Hantelübungen zeigt, daß Fuchs zunächst auf Colle d'Olen I nach der zweiten Übung ein größeres Atemvolumen hatte als nach der ersten. Für die übrigen Versuchsperioden kehrt sich aber das Verhalten um, und die Differenzen werden endlich so klein, daß man wohl sagen kann, daß das Atemvolumen nach beiden Übungen das gleiche war. Diese Tatsache stimmt auch mit den Erfahrungen überein, die Fuchs im Jahre 1907 nach Hantelversuchen gemacht hat, daß 10 Minuten nach

der Übung die Atmung wieder zur Norm zurückgekehrt war. Deimler hat stets bei den beiden Übungen das fast genau gleiche Atemvolumen gezeigt. Wie in den Versuchen von Fuchs im Jahre 1907 ist das reduzierte Atemvolumen auf Colle d'Olen kleiner als in Erlangen II, nimmt aber auf der Capanna Regina Margherita wieder zu, ohne die Größe von Erlangen II zu erreichen. Dagegen wird bei Deimler das Atemvolumen auf der Capanna Regina Margherita etwas größer als in Erlangen. Die Tabelle XI enthält die Gegenüberstellung der Versuche von Fuchs aus den Jahren 1907 und 1908.

Tabelle XI.

Reduzierte Atemvolumina pro Minute nach 15 Hantelübungen (Fuchs).

Ort	1907 Liter	1908 Liter	Differenz in % von 1907
Capanna Regina Margherita . .	9,154	10,231	+ 11,77
Colle d'Olen II.	8,027	9,662	+ 20,37
Erlangen II.	9,929	10,884	+ 9,62

Die Zahlen von 1908 sind die Mittelwerte aus allen Versuchen wie im Jahre 1907, wo auch die Mittel aus den beiden Übungen genommen wurden.

Diese Gegenüberstellung zeigt zweifellos, daß Fuchs 1908 eine deutliche Vergrößerung des Atemvolumens aufweist gegen die Versuche im Vorjahre. Hier ist ein gerade entgegengesetztes Verhalten wie beim Stehen zu konstatieren, dagegen wenigstens eine prinzipielle Übereinstimmung mit den Versuchen im Liegen von 1907 und 1908. Ob man zur Erklärung der Differenzen der Arbeitsversuche in den beiden Jahren die Temperaturverhältnisse allein verantwortlich machen kann, erscheint doch fraglich. Viel wahrscheinlicher ist es zur Erklärung die Ernährungsverhältnisse bei den Arbeitsversuchen in Betracht zu ziehen, da die Versuche von 1908 im Stoffwechselversuch mit einer sehr fettreichen Kost angestellt wurden, während die des Jahres 1907 ohne Stoffwechselregime bei bedeutend reichlicherer Kohlenhydratzufuhr angestellt wurden. Da zur Verbrennung der großen Fettmengen viel größere Sauerstoffmengen notwendig sind als zur Oxydation der isodynamen Kohlenhydrat-

mengen, so muß natürlich der Sauerstoffverbrauch insbesondere beim Arbeitsversuch, wo die Arbeit das einemal auf Kosten von Fett, das anderemal auf Kosten von Kohlenhydraten erfolgt, im ersteren Falle sehr bedeutend gesteigert sein, wodurch wiederum eine wesentliche Vergrößerung des Atemvolumens hervorgerufen wird. Wahrscheinlich spielen diese Momente auch bei der Vergrößerung des Atemvolumens im Liegen in den Versuchen von 1908 eine wichtige Rolle, aber diese Erklärung reicht dort nicht aus, um die Verschiedenheiten während der letzten drei Versuchsperioden und die Übereinstimmung während der ersten zwei Versuchsperioden zu erklären, ebenso wenig könnte man mit der für den Arbeitsversuch gegebenen Erklärung zu einem Verständnis kommen, warum die Atemvolumina im Stehen 1908 kleiner sind als 1907. Außerdem werden trotz der Einfachheit der Übung und trotz der oftmaligen Wiederholungen die Hantelübungen am gleichen Ort und zu verschiedenen Zeiten nicht mit dem genau gleichen Kraftaufwand ausgeführt.

Trotzdem die reduzierten Atemvolumina bei beiden Versuchspersonen die nahezu gleichen absoluten Werte haben, darf doch daraus nicht geschlossen werden, daß bei beiden Versuchspersonen die gleiche Vermehrung des Atemvolumens bei der Hantelarbeit gegenüber dem Stehen eingetreten sei. Einen Aufschluß über die relative Zunahme des Atemvolumens bei den Hantelübungen gegenüber dem Stehen gibt die Tabelle XII.

Tabelle XII.

Vergleich der reduzierten Atemvolumina pro Minute im Stehen und nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Stehen Liter	Nach 15 Hantelübungen Liter	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %	Im Stehen Liter	Nach 15 Hantelübungen Liter	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %
Colle d'Olen I.	5,633	10,120	79,66	7,111	9,467	33,13
Capanna Regina Margherita	5,414	10,231	88,97	6,800	10,325	51,84
Colle d'Olen II.	5,831	9,662	65,70	7,126	9,271	30,11
Erlangen II.	6,369	10,884	70,89	7,363	10,362	40,74

Die Zahlen für die Atemvolumina im Stehen sind die Mittelzahlen der Versuche, die beim ruhigen Stehen unmittelbar vor Ausführung der Hantelübungen beobachtet worden sind.

Die Werte der Tabelle XII zeigen, daß das reduzierte Atemvolumen nach den Hantelübungen auf der Capanna Regina Margherita gegenüber Colle d'Olen I relativ mehr erhöht ist, bei Fuchs allerdings etwas weniger (9,31 %) als bei Deimler (18,71 %). Nach der Rückkehr nach Colle d'Olen sinkt die prozentische Erhöhung unter den Wert von Colle d'Olen I ab, bei Fuchs mehr als bei Deimler, und steigt in Erlangen wieder etwas an, bei Deimler mehr als bei Fuchs.

Die Erklärung dieser Erscheinung kann dadurch gegeben werden, daß auf der Capanna Regina Margherita der Sauerstoff zur Bestreitung der Oxydationen für die Arbeitsleistung nur durch eine vermehrte Sauerstoffzufuhr möglich war, weil das Sauerstoffbindungsvermögen des Blutes durch die Vermehrung der roten Blutkörperchen für den großen Sauerstoffverbrauch während der Arbeit noch nicht so stark vergrößert war, daß eine Vermehrung des Atemvolumens unnötig gewesen wäre. Für die geringe Mehrleistung an Arbeit während des Stehens reichte die Vermehrung der roten Blutkörperchen soweit aus, daß trotz verminderter Sauerstoffzufuhr in dieser Höhenlage die zur Arbeitsleistung notwendige Sauerstoffmenge aufgenommen werden konnte. Nach dem langen Aufenthalt auf der Capanna Regina Margherita hatte gewiß eine sehr bedeutende Blutkörperchenvermehrung stattgefunden, wie alle Autoren, zuletzt Fuchs, konstatiert haben, wodurch das Sauerstoffbindungsvermögen des Blutes bedeutend erhöht wurde. Es kann dann nach der Rückkehr nach Colle d'Olen dieselbe Arbeitsleistung bei einer beträchtlich geringeren Sauerstoffzufuhr geleistet werden, weshalb der prozentische Zuwachs des Atemvolumens bei der Hantelarbeit geringer ist als auf der Capanna Regina Margherita, ja sogar bei Fuchs wesentlich kleiner als während des ersten Aufenthaltes auf Colle d'Olen. Nach der Rückkehr nach Erlangen — die Hantelversuche fanden in den Tagen vom 8.—13. Oktober in Erlangen statt —, also 16 Tage nach Verlassen von Colle d'Olen, war wohl die vermehrte Blutkörperchenzahl bereits im Rückgang begriffen, es war das Sauerstoffverbin-

dungsvermögen des Blutes dadurch kleiner geworden, weshalb nun bei der gleichen Arbeitsleistung das Atemvolumen prozentisch stärker vergrößert werden muß als auf Colle d'Olen II. Übrigens ist bei Fuchs die relative Vergrößerung der Atemvolumina nach der Hantelarbeit während der beiden Aufenthalte auf Colle d'Olen und in Erlangen nicht sehr verschieden, so daß wir als Mittelwert für die Erhöhung der Atemvolumina nach Hantelversuchen bei Fuchs im Jahre 1908 den Wert von 72,08% erhalten. Da die Steigerung des Arbeitsvolumens beim Übergang von Colle d'Olen auf die Capanna Regina Margherita nur um 9,31% zugenommen hat, so muß bei Fuchs bereits während des ersten Aufenthaltes auf Colle d'Olen eine sehr starke Vermehrung der roten Blutkörperchen eingetreten sein, was schon aus den Beobachtungen der Atemvolumina im Stehen geschlossen werden kann, bei denen die prozentische Steigerung gegenüber den Werten im Liegen an allen Orten die gleiche war. Die Blutkörperchenvermehrung hat bei Fuchs jedenfalls auch nach der Rückkehr in die Ebene sehr lange angehalten, weil in Erlangen nahezu dieselbe relative Steigerung des Atemvolumens besteht wie auf Colle d'Olen. In der Tat haben die Versuche des Jahres 1907 bei Fuchs ein derartiges Verhalten der Blutkörperchenvermehrung gezeigt, indem ihre Zahl während der ersten Periode auf Colle d'Olen um 32,86%, auf der Capanna Regina Margherita um 40,82%, auf Colle d'Olen II um 48,50% und in Erlangen II um 19,36% gegenüber Erlangen I vermehrt war. Dabei ist zu bemerken, daß am 16. Oktober 1907, also 25 Tage nach dem Abstieg von Colle d'Olen, in Erlangen II eine Vermehrung der Blutkörperchenzahl noch um 20% gegenüber Erlangen I konstatiert wurde.

Für Deimler würde aus dem Verhalten der prozentischen Zunahmen der Arbeitsvolumina folgendes Verhalten der roten Blutkörperchen abzuleiten sein. Die auf der Capanna Regina Margherita stattgefundene Blutkörperchenvermehrung muß sehr gering gewesen sein, weil das Arbeitsvolumen auf der Capanna Regina Margherita sich um 18,71% mehr erhöht hat als auf Colle d'Olen I. Aber schon nach der Rückkehr nach Colle d'Olen II ist fast die gleiche Blutkörperchenzahl wieder vorhanden, wie beim ersten Aufenthalt auf Colle d'Olen, während

bei Fuchs auf Colle d'Ollen eine beträchtliche Steigerung der Blutkörperchenzahl im Vergleich zu Colle d'Olen I bestanden haben muß, ein Befund, der mit den direkten Blutkörperchenzählungen des Jahres 1907 vollkommen übereinstimmt. Endlich muß bei Deimler nach der Rückkehr in die Ebene eine ziemlich bedeutende und rasch vor sich gehende Abnahme der roten Blutkörperchen eingetreten sein, weil die relative Vermehrung des Arbeitsvolumens in Erlangen bereits 10% größer ist als auf Colle d'Olen II. Aus den Beobachtungen aller früheren Autoren ist es bekannt, daß die Vermehrung der Erythrozytenzahl individuell sehr verschiedene Größen erreicht und nach der Rückkehr in die Ebene verschieden rasch zurückgeht.

Tabelle XIII.

Zunahme der reduzierten Atemvolumina pro Minute in % vom Wert im Liegen.

Ort	Fuchs		Deimler	
	Im Stehen	Nach 15 Hantelübungen	Im Stehen	Nach 15 Hantelübungen
Capanna Regina Margherita	28,11	142,10	36,85	110,30
Colle d'Olen II.	23,88	105,30	33,27	73,39
Erlangen II.	25,50	114,45	25,46	76,56

Die Werte der Tabelle XIII sind als Mittel nur aus jenen Versuchen berechnet, die am gleichen Tage stattgefunden haben, also aus der Zeit der Arbeitsversuche während der einzelnen Aufenthalte an den betreffenden Orten. Sie weichen deshalb von den Werten der Tabelle VIII ab, welche die Mittelwerte aus allen Versuchen im Stehen, Ruhe und Arbeitsversuchen enthält. Aus der Tabelle XIII wird ersichtlich, daß Fuchs auf Colle d'Olen und der Capanna Regina Margherita mit einer geringeren Zunahme des Atemvolumens die Arbeit des Stehens leistete als Deimler, während in Erlangen bei beiden die Zunahme des Atemvolumens die gleiche war. Diese an sich merkwürdige Erscheinung, auf die schon früher hingewiesen wurde, kann so gedeutet werden, daß Fuchs, der eine schlechte, nachlässige Haltung hat, mit einem geringeren Kraftaufwand die Arbeit des Stehens leistet als Deimler, der sich ge-

rader, mehr militärisch hält. In der zweiten Periode des zweiten Erlanger Versuches ist dann bei Deimler auch eine nachlässigere Haltung im ruhigen Stehen eingetreten. Dagegen war an allen Orten bei Fuchs die Steigerung des Atemvolumens durch die Hantelarbeit eine weitaus größere als bei Deimler, woraus geschlossen werden muß, daß für Fuchs die Hantelübungen wesentlich anstrengender und ermüdender waren als für Deimler, der von den beiden Versuchspersonen nicht nur das jüngere, sondern auch muskelkräftigere Individuum ist.

Da die Versuche von Fuchs im Jahre 1907 gezeigt hatten, daß die Atmungsbeschleunigung 10 Minuten nach der Hantelübung bereits vorübergegangen ist und sich innerhalb der ersten 5 Minuten schon wesentlich vermindert, wurde bei den Hantelversuchen auch nach den ersten 5 Minuten der Stand der Gasuhr abgelesen, so daß der 10 Minuten im ganzen dauernde Atmungsversuch in zwei Abteilungen zerfällt und gestattet anzugeben, welches Volumen in der ersten Hälfte und in der zweiten Hälfte geatmet wurde. Leider konnte nicht in allen Versuchen die ganz genau gleiche Versuchsdauer eingehalten werden, so daß in manchen, allerdings nur vereinzelten Fällen der Versuch 12 Minuten statt 10 Minuten dauerte und dann die

Tabelle XIV.

Vergleich der reduzierten Atemvolumina pro Minute im Stehen und nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs					Deimler				
	Im Stehen	Nach 15 Hantelübungen				Im Stehen	Nach 15 Hantelübungen			
		Nach den ersten 5 Minuten	Zunahme gegen Stehen in %	Nach den zweiten 5 Minuten	Zunahme gegen Stehen in %		Nach den ersten 5 Minuten	Zunahme gegen Stehen in %	Nach den zweiten 5 Minuten	Zunahme gegen Stehen in %
	Liter	Liter		Liter		Liter	Liter		Liter	
Colle d'Olen I.	5,633	13,529	143,44	6,914	23,27	7,111	10,665	49,98	7,821	9,99
Capanna Regina Margherita	5,414	12,702	134,61	7,760	43,33	6,800	12,533	84,31	8,215	20,79
Colle d'Olen II.	5,831	11,886	106,26	7,320	25,54	7,126	10,798	51,53	7,444	8,67
Erlangen II.	6,369	13,716	115,36	8,198	44,42	7,363	12,247	68,54	8,477	15,63

einzelnen Abteilungen des Versuches statt 5 Minuten 6 Minuten oder etwas weniger dauern. Bei Deimler wurde in je einem Versuch statt 5 Minuten 8,5 bezw. 7,75 Minuten geatmet, wodurch dann die zweite Versuchshälfte einmal nur 3, bezw. 4,75 Minuten dauert. Dadurch kommen zwar kleine Veränderungen des Minutenvolumens für den Einzelversuch zustande, da sie aber nur geringe absolute Werte haben, so wird dadurch der Mittelwert der ganzen Versuchsperiode nicht wesentlich geändert.

Die Zahlen der Tabelle sind die Mittelwerte aller Versuche, die während der verschiedenen Arbeitsperioden angestellt wurden. Vor allem fällt auf, daß die Vermehrung des Atemvolumens innerhalb der ersten Versuchshälfte enorm vergrößert ist gegenüber dem Stehen, während in der zweiten Versuchshälfte die Vergrößerung der Atmungsvolumina bereits sehr bedeutend zurückgegangen ist. Bei den einzelnen Versuchen hatte sich gezeigt, daß die Atemvolumina der beiden Versuchshälften eine gesetzmäßige Beziehung zueinander zeigen. Jedesmal wenn nach der Hantelarbeit in der ersten Versuchshälfte eine sehr starke Vermehrung des Atemvolumens zu konstatieren war, war sie in der zweiten Hälfte gering und umgekehrt. Man hätte eigentlich erwarten sollen, daß nach der Hantelübung jedesmal dann, wenn das Atemvolumen während der ersten Versuchshälfte stark beschleunigt wird, auch eine entsprechend starke Vermehrung in der zweiten Versuchshälfte zu finden wäre. Aber die einzelnen Versuche am gleichen Ort zeigen gerade das Gegenteil. Der Organismus hat demnach zwei Möglichkeiten, den durch die Arbeitsleistung hervorgerufenen Sauerstoffmangel wieder auszugleichen, entweder indem er anfänglich gleich sehr stark das Atemvolumen vergrößert und dann für die folgende Zeit nur noch die verhältnismäßig kleinen Reste des Sauerstoffmangels zu beseitigen hat, was durch eine geringe Vergrößerung des Atemvolumens möglich ist, oder das Atemvolumen wird im Anfang nicht so stark vergrößert, dafür muß dann durch längere Zeit, also noch in der zweiten Versuchshälfte eine starke Vergrößerung des Atemvolumens fortbestehen. Es liegt nun nahe, danach zu fragen, welche Faktoren den einen oder

anderen Modus der Kompensation der Sauerstoffverarmung bedingen, da es wohl nicht angeht, hier eine zufällige Wahl einer der beiden Kompensationsarten von seiten des Organismus anzunehmen. Zur Erklärung dieser eigenartigen Regulationsmechanismen können Anschauungen herangezogen werden, die Fuchs über die gegenseitigen Beziehungen zwischen Atemfrequenz und Atemtiefe in seiner ersten Mitteilung ausführlich dargestellt hat. Der Organismus hat danach zwei Möglichkeiten ein vorhandenes erhöhtes Sauerstoffbedürfnis durch Vermehrung des Atemvolumens zu befriedigen, entweder durch vertiefte Atmung bei nicht oder nur mäßig beschleunigter Atemfrequenz oder durch starke Vermehrung der Atemfrequenz bei nicht oder mäßig vergrößerter, ja eventuell sogar verminderter Atemtiefe. Fuchs hat auf Grund seiner Versuche angenommen, daß dann, wenn die Vertiefung der Atmung durch die Klimafaktoren erschwert oder unmöglich ist, die Beschleunigung der Frequenz als Kompensationsmittel allein übrig bleibt.

Die Tiefe der Atmung ist nun keineswegs gleichgültig für den Sauerstoffgehalt der Lungenluft, für die Sauerstoffspannung in den Lungenalveolen, worauf Zuntz und seine Mitarbeiter bereits ausführlich hingewiesen haben. Je tiefer die Atmung ist, um so größer ist dann die Sauerstofftension der Alveolarluft, und um so rascher kann ein bestehender Sauerstoffmangel ausgeglichen werden. Wenn also nach den Hantelübungen die Möglichkeit bestand, bei einer hohen Atemfrequenz auch noch die Tiefe des einzelnen Atemzuges zu vergrößern, so wird in verhältnismäßig kurzer Zeit die durch die Arbeitsleistung geschaffene Sauerstoffverarmung zum größten Teil bereits ausgeglichen sein und in den folgenden Minuten nur noch eine geringe Vergrößerung des Atemvolumens erforderlich sein, um die geringen Reste der Sauerstoffverarmung gänzlich zu beseitigen. Sobald aber irgendwelche Faktoren eine ausreichende Vertiefung der Atmung unmittelbar nach der Arbeitsleistung unmöglich machen, dann ist die Sauerstofftension der Alveolarluft eine geringere und deshalb eine größere Zeit zur Ausgleichung des Sauerstoffmangels erforderlich. Es muß dann dementsprechend das Atemvolumen durch längere Zeit vergrößert sein, so daß in den späteren Zeiten des Versuches

eine wesentlichere Vermehrung des Atemvolumens auftreten muß als im ersten Falle bei entsprechend vertiefter Atmung.

Die Ursachen für eine Behinderung der Atemtiefe können sehr verschieden sein, einmal die Ansammlung und stärkere Ausdehnung der Darmgase, welche von Zuntz und anderen Autoren zur Erklärung der Verminderung der Vitalkapazität herangezogen wurde, oder die Vergrößerung des Tonus der Atemmuskulatur infolge der Kälte, der Fuchs eine große Bedeutung für die Verminderung der Atemtiefe beimißt. Am gleichen Orte und dem gleichen Tage können alle beide Momente in Frage kommen, indem die Füllung des Darmes mit Gasen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Parallelversuchen wechseln kann. Aber auch Temperaturschwankungen an verschiedenen Tagen der gleichen Versuchsperioden können wirksam werden. An Versuchsorten in verschiedenen Höhenlagen kommen alle diese Faktoren in stärkerem Maße zur Geltung.

Die eben angeführten Momente und das Verhalten der roten Blutkörperchen, welches ja auch für die Größe des Sauerstoffbindungsvermögens des Blutes von größter Bedeutung ist, lassen die relativen Vermehrungen der Atemvolumina an den verschiedenen Orten, sowie ihr Verhalten in den beiden Versuchshälften vollkommen verstehen, so daß auf eine spezielle Analyse der einzelnen Zahlen nicht eingegangen zu werden braucht, weil sonst schon vorher Gesagtes wiederholt werden müßte.

Auch die Tabelle XIV zeigt wiederum, daß die Arbeitsleistung bei Fuchs in beiden Hälften der Versuche eine wesentlich höhere Steigerung des Atemvolumens mit sich brachte als bei Deimler.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß auf Grund der oben stehenden Ausführungen über die zwei Möglichkeiten der Kompensierung eines bestehenden Sauerstoffmangels sehr klar hervorgeht, daß zu kurz dauernde Atemversuche, namentlich solche von 1 oder 2, ja sogar 5 Minuten Dauer, selbst bei der gleichen Versuchsperson zu verschiedenen Zeiten wesentlich voneinander abweichende Resultate geben können, ohne daß irgendwie gröbere Versuchsfehler vorliegen, und deshalb beim Studium der Atmungsprozesse nach Möglichkeit vermieden werden müssen.

Die Kohlendioxydausscheidung.

Die im ruhigen Liegen pro Minute ausgeschiedenen Kohlensäuremengen sind für die einzelnen Versuchsorte in Tabelle XV zusammengestellt. Die Zahlen sind die Mittelwerte aus allen an den betreffenden Orten angestellten Versuchen.

Tabelle XV.

CO_2-Ausscheidung pro Minute im Liegen.

Ort	Fuchs				Deimler			
	Pro Minute ausgeschiedene CO_2 cm³	Veränderungen in % gegenüber Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.	Pro Minute ausgeschiedene CO_2 cm³	Veränderungen in % gegenüber Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Colle d'Olen I.	172,2	—	—	—	199,3	—	—	—
Capanna Regina Margherita	185,5	+ 7,72	—	—	203,9	+ 2,31	—	—
Colle d'Olen II.	165,8	— 3,71	—10,62	—	202,3	+ 1,50	— 0,78	—
Erlangen II.	171,1	— 0,64	— 7,76	+ 3,20	206,9	+ 3,81	+ 1,47	+ 2,27

Von allen Forschern, welche größere Beobachtungsreihen über die Kohlendioxydausscheidung im Hochgebirge angestellt haben, hat nur Mosso eine Abnahme der CO_2-Ausscheidung beobachtet, während alle übrigen Autoren, insbesondere Zuntz und seine Mitarbeiter, sowie Durig eine Steigerung der CO_2-Produktion beobachtet haben. Allerdings ist die Zunahme verschieden groß und setzt bei den verschiedenen Versuchspersonen in verschiedener Höhenlage ein. In unseren Versuchen ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig. Denn die Versuche an Fuchs zeigen nur auf der Capanna Regina Margherita eine nennenswerte Vergrößerung der CO_2-Ausscheidung, die sich aber auch hier innerhalb mäßiger Grenzen hält. Während der beiden Aufenthalte auf Colle d'Olen und in Erlangen bestehen keine wesentliche Differenzen der CO_2-Ausscheidung. Bei Deimler ergibt sich für alle Versuchsperioden die ungefähr gleiche CO_2-Ausscheidung pro Minute,

so daß bei ihm nicht einmal auf dem Monte Rosa-Gipfel eine Veränderung zu konstatieren war.

Die auf das Kilogramm Körpergewicht umgerechneten CO_2-Mengen pro Minute sind aus Tabelle XVI zu ersehen.

Tabelle XVI.

CO_2-Ausscheidung in cm³ pro Kilogramm Körpergewicht.

Ort	Fuchs	Deimler
Colle d'Olen I.	2,61	2,93
Capanna Regina Margherita .	2,88	3,00
Colle d'Olen II.	2,51	2,91
Erlangen II.	2,59	3,04

Es sind das Werte, die sich nicht ganz denen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig anschließen, indem sie noch etwas niedriger liegen (namentlich bei Fuchs) als die von den genannten Autoren beobachteten. Diese Erscheinung der geringeren CO_2-Ausscheidung in unseren Versuchen ist zweifellos mit der langen Dauer des Stoffwechselversuches und der reichlichen Fettaufnahme in ursächliche Beziehung zu bringen. Jedenfalls geht auch aus unseren, wie schon aus den Versuchen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig hervor, daß die seinerzeit von Bürgi[1]) am Rothorn gefundenen großen CO_2-Mengen (4,77 ccm pro kg Körpergewicht) zu hoch sind.

Leider sind unsere CO_2-Bestimmungen der ersten Erlanger Periode verloren gegangen, so daß wir die unmittelbare Veränderung der CO_2-Produktion nach dem Aufstieg aus der Ebene nicht angeben können. Bei Fuchs ist nach der Rückkehr nach Colle d'Olen II eine kleine Verminderung der CO_2-Produktion eingetreten gegenüber Colle d'Olen I, aber wir können ihr, ebensowenig wie der geringen folgenden Vermehrung in Erlangen II, kaum eine besondere physiologische Bedeutung zu erkennen. Auf die Besonderheiten der CO_2-Ausscheidung wird nochmals in den Ausführungen über das Verhalten des respira-

[1]) Emil Bürgi, Respiratorischer Gaswechsel auf Bergen bei Ruhe und Arbeit. Arch. f. Anat. u. Physiologie, Physiol. Abt. 1900.

torischen Quotienten eingegangen werden, weshalb schon hier auf dieses spätere Kapitel der Arbeit verwiesen werden muß. Die bei beiden Versuchspersonen eingetretenen Schwankungen der CO_2-Ausscheidung werden schon allein durch die Veränderungen des Atemvolumens genügend erklärt, da Zuntz[1]) und Schumburg durch ihre Versuche gezeigt haben, daß der O_2-Verbrauch bei Zunahme der Lungenventilation um 1 Liter durch die Mehrarbeitsleistung der Atemmuskeln allein um 5 ccm gesteigert wird. So würde demnach in unseren Versuchen an den drei Orten mit verschiedener Höhenlage die gleiche CO_2-Produktion für den Ruheversuch bestanden haben. Daraus darf aber noch nicht geschlossen werden, daß der Umfang der Oxydationen der gleiche war, denn darüber kann nur der Sauerstoffverbrauch einen Aufschluß geben.

Tabelle XVII.

CO_2-Ausscheidung pro Minute im Liegen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Colle d'Olen I. . . .	172,2	—	—	199,3	—	—
Capanna Regina Margherita	193,0	177,9	— 7,82	227,4	180,4	— 20,67
Colle d'Olen II. . . .	165,6	165,9	+ 0,18	200,5	204,0	+ 1,75
Erlangen II.	189,8	152,3	— 19,76	204,3	209,5	+ 2,55

Wenn wir die pro Minute ausgeschiedenen Kohlendioxydmengen in ihren Mittelzahlen getrennt nach den Ruhe- und Arbeitsperioden an den einzelnen Orten betrachten, so fallen zunächst gewisse Unregelmäßigkeiten auf. Bei Fuchs, namentlich aber bei Deimler ist die CO_2-Produktion auf der Capanna Regina Margherita in den Ruheversuchen während der Arbeitsperiode niedriger als in den Ruheperioden. Zwei Momente kommen hierfür in Frage. Da die Arbeitsperiode immer

[1]) N. Zuntz und Schumburg, Studien zu einer Physiologie des Marsches. Berlin 1901.

die spätere Versuchsperiode an dem betreffenden Aufenthaltsort ist, so müssen natürlich zur Zeit der Arbeitsperioden die Akklimatisationsvorgänge bereits vollständiger erfolgt sein als zur Zeit der Ruheperioden. Es werden daher durch Gewöhnung an die Klimareize der betreffenden Orte eine ganze Summe von Reizen unwirksam, die früher wirksam waren, wodurch der Gesamtstoffwechsel etwas verringert wird. Ferner ist zu bedenken, daß mit der längeren Dauer des Stoffwechselversuches, namentlich auf der Capanna Regina Margherita, der Appetit geringer und die Verdauung etwas beeinträchtigt wird, wodurch eine Verminderung der CO_2-Produktion genügend erklärt wird. Diese Momente erscheinen ausreichend, um die geringe Differenz (— 7,82%) in der CO_2-Ausscheidung bei Fuchs zu erklären. Sie sind es aber nicht mehr bei Deimler, denn die Differenz von — 20,67% ist zu groß. Wenn wir alle Zahlen von Deimler ansehen, so ist vor allem der Wert 180 cm^3 gegenüber den anderen Werten auffallend niedrig und bedarf einer besonderen Begründung. Deimler hatte gerade in den letzten Tagen mit schwerer Obstipation zu kämpfen, sein Appetit war ziemlich stark herabgesetzt. Außerdem mußte Deimler infolge eines akut entzündeten Hämorrhoidalknotens tagsüber viel sitzen und zum Teil auch während kürzerer Zeit liegen. Ferner mußte er auch am Tage vor dem Atemversuch 60 Hantelübungen auslassen. Alle diese besonderen Gründe führten dazu, die Verdauung bei Deimler wesentlich zu beeinträchtigen, den Ruhestoffwechsel und damit auch die CO_2-Produktion stark herabzusetzen. Auch die etwas größere CO_2-Ausscheidung während des Ruheversuches auf der Capanna Regina Margherita kann noch besonders begründet werden. Deimler war am 4. September mittags nach Colle d'Olen abgestiegen, um die Träger zu requirieren, und kam erst am 7. September mittags nach anstrengendem Marsche wieder auf der Capanna Regina Margherita an, den er vom Colle d'Olen aus ohne Unterbrechung zurückgelegt hatte. Ja er mußte sogar von der Capanna Gnifetti aus noch einmal weit auf den untersten Teil des Indrengletschers zurückkehren, weil er die Träger auf der Capanna Gnifetti nicht angetroffen hatte, so daß er den Weg von Colle d'Olen bis zur Capanna Gnifetti am selben Tage eigentlich zweimal und den Aufstieg zur Monte

Rosa-Spitze ohne Unterbrechung machen mußte. Während dieser Tage hat Deimler das Stoffwechselregime unterbrochen und auf Colle d'Olen wie auch während des Marsches eine an Kohlenhydraten wesentlich reichere und dabei fettärmere Nahrung genossen als im Stoffwechselregime, so daß unter der Nachwirkung aller dieser Momente bei dem $1^1/_2$ Tage nach der Wiederankunft auf der Capanna Regina Margherita ausgeführten Versuch die CO_2-Ausscheidung wohl noch etwas stärker vermehrt gewesen war, als sie es ohne diese besonderen Momente gewesen wäre.

Einer besonderen Begründung bedarf noch der verhältnismäßig hohe Ruhewert der CO_2-Ausscheidung der zweiten Erlanger Versuchsperiode. Unmittelbar nach der Rückkehr nach Erlangen hatte Fuchs viel Besorgungen zu machen, wodurch er vielmehr Bewegung hatte als Deimler, der die übliche Laboratoriumsarbeit versah, so daß dadurch eine starke Beeinträchtigung des Ruhestoffwechsels bei Fuchs eintrat. So sind denn auch die Zahlen für die CO_2-Produktion in den Versuchen vom 2. und 4. Oktober wesentlich höher ausgefallen als am 6. Oktober, im letzten Ruheversuch der Periode. Durch die starke Bewegung in diesen Tagen wurde natürlich die CO_2-Ausscheidung wesentlich vergrößert, weil offenbar unter dem Einfluß der gesteigerten Bewegung auch die Verdauung eine bessere wurde, wodurch eine Vermehrung der CO_2-Ausscheidung bedingt ist.

Während der Arbeitsperioden fielen diese störenden Momente bei Fuchs weg, und dementsprechend sehen wir auch ein deutliches Absinken der CO_2-Ausscheidung mit dem Aufenthalt in tieferen Lagen. Bei Deimler ist aber nur das Absinken der CO_2-Produktion zwischen Colle d'Olen und der Capanna Regina Margherita zu konstatieren, wenn wir von dem besonders niedrigen Wert während der Arbeitsperiode auf dem Monte Rosa-Gipfel absehen.

Ein viel komplizierteres und unregelmäßigeres Verhalten zeigt die CO_2-Ausscheidung während des ruhigen Stehens. Es rührt das, wie schon früher bei Besprechung der Atemvolumina gesagt wurde, in erster Linie davon her, daß das Individuum mit Aufwendung einer sehr verschiedenen Muskelarbeit zu stehen vermag, je nachdem es aus nach-

lässiger Haltung mit einem Minimum von Muskeltätigkeit zu strammer militärischer Haltung mit dem Maximum von Muskelarbeit übergeht. Außerdem sei noch hinzugefügt, daß gerade das ruhige Stehen durch längere Zeit von uns beiden sehr ermüdend empfunden wurde.

Tabelle XVIII.

CO_2-Produktion pro Minute im Stehen.

Ort	Fuchs				Deimler			
	CO_2-Produktion pro Minute in cm³	Veränderung in % gegenüber			CO_2-Produktion pro Minute in cm³	Veränderung in % gegenüber		
		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Colle d'Olen I.	195,5	—	—	—	266,8	—	—	—
CapannaRegina Margherita	227,6	+ 16,42	—	—	306,1	+ 14,73	—	—
Colle d'Olen II.	183,6	— 6,09	— 19,42	—	296,7	+ 11,21	— 3,07	—
Erlangen II.	202,1	+ 3,38	— 11,20	+ 10,08	273,8	+ 2,62	— 10,55	— 7,72

Die voranstehende Tabelle enthält die Werte für die CO_2-Ausscheidungen aus allen Versuchen. Nur bei Fuchs fielen die beiden unter sich zwar gut übereinstimmenden Ruheversuche vom 8. September auf der Capanna Regina Margherita so aus der Reihe, daß sie für die Berechnung des Mittelwertes nicht verwendet werden konnten. Bei beiden Versuchspersonen war im Stehen auf der Capanna Regina Margherita eine wesentliche Vermehrung der CO_2-Ausscheidung eingetreten, bei Fuchs war die relative Zunahme größer als bei Deimler. Nach der Rückkehr nach Colle d'Olen ist bei Fuchs ein etwas kleinerer Wert vorhanden wie beim ersten Aufenthalt daselbst. Dagegen zeigt Deimler einen nicht unerheblich größeren Wert als während der ersten Versuchsperiode. Da im Liegen aber während des zweiten Aufenthaltes auf Colle d'Olen die CO_2-Ausscheidung dieselbe wie während des ersten Aufenthaltes war, so kann schon daraus gefolgert werden, daß Deimler während des zweiten Aufenthaltes mit größerer Anstrengung gestanden hat als vorher. Hingegen hat Fuchs in Erlangen II die CO_2-Ausscheidung im

Stehen merklich vergrößert, während Deimler sie verringert hat, was wohl auf eine Veränderung in der aufrechten Körperhaltung zu beziehen sein dürfte.

Tabelle XIX.

CO_2-Produktion pro Minute im Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Colle d'Olen I. . . .	196,0	195,0	— 0,52	245,2	288,3	+ 17,58
Capanna Regina Margherita	(177,7)	227,6	(+ 28,08)	316,6	295,6	— 6,63
Colle d'Olen II. . . .	186,0	181,1	— 2,63	313,8	279,5	— 10,93
Erlangen II.	204,1	200,1	— 1,96	269,2	278,4	+ 3,42

Wie beim Liegen, so sollen auch die Werte der CO_2-Produktion im Stehen während der einzelnen Ruhe- und Arbeitsperioden an den einzelnen Orten unseres Aufenthaltes miteinander verglichen werden, was in Tabelle XIX geschehen ist. Für Fuchs ergibt diese Übersicht in allen Perioden mit Ausnahme der auf dem Monte Rosa-Gipfel angestellten Versuche eine vollständige Gleichheit. Da aber die Differenz der beiden Versuchsperioden auf der Capanna Regina Margherita ganz aus dem Rahmen der übrigen Versuche fällt und der Wert für die CO_2-Produktion im Stehen der Ruheperiode sogar kleiner ist als der im Liegen gefundene Wert derselben Periode, so kann hier nur ein grober Versuchsfehler vorliegen, so daß diese Differenz nicht berücksichtigt werden kann. Deimler zeigt zwischen den beiden Versuchsperioden am gleichen Ort etwas größere Differenzen, wie bereits früher hervorgehoben wurde, weil er offenbar seine Haltung im Stehen zu verschiedenen Versuchszeiten auch am gleichen Ort wechselte.

Vergleichen wir die CO_2-Ausscheidung im Liegen und im Stehen an den gleichen Orten, dann erhalten wir die Werte der Tabelle XX, welche die Mittelwerte aus allen brauchbaren Versuchen enthält.

Tabelle XX.

Vergleich der CO_2-Produktion pro Minute im Liegen und im Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Liegen	Im Stehen	Zunahme im Stehen in %	Im Liegen	Im Stehen	Zunahme im Stehen in %
Colle d'Olen I.	172,2	195,5	13,35	199,3	266,8	33,87
Capanna Regina Margherita	185,5	227,6	22,70	203,9	306,1	50,12
Colle d'Olen II.	165,8	183,6	10,74	202,3	296,7	46,66
Erlangen II.	171,1	205,1	19,87	206,9	273,8	32,33

Die Werte der Tabelle XX zeigen, daß bei beiden Versuchspersonen die prozentische Steigerung der CO_2-Ausscheidung im Stehen gegenüber dem Liegen auf der Capanna Regina Margherita am stärksten war, bei Deimler aber wesentlich höher als bei Fuchs. Sie ist auf Colle d'Olen in beiden Versuchsperioden nahezu gleich bei Fuchs, bei Deimler aber während des zweiten Aufenthaltes auf Colle d'Olen nicht unbeträchtlich höher als in Colle d'Olen I. Dagegen tritt in Erlangen bei Fuchs nicht nur die absolute Vergrößerung der CO_2-Produktion auf, die aus Tabelle XIX ersichtlich war, sondern auch die relative Vermehrung der CO_2-Produktion ist vorhanden, so daß Fuchs in der Tat in Erlangen II mit einer größeren Arbeitsleistung gestanden hat, was aus den Werten der Tabelle XIX noch nicht ohne weiteres erschlossen werden konnte. Bei Deimler ist der relative Zuwachs für die CO_2-Produktion in Erlangen II am kleinsten.

Die für die Mehrarbeit des Körpers beim Stehen in Betracht kommenden Kohlensäuremengen sind aus der Tabelle XXI ersichtlich.

Einen Mittelwert aus diesen Zahlen ziehen zu wollen und ihn als Durchschnittswert für die Arbeitsleistung des Stehens anzusehen, ist aus den bereits mehrfach erörterten Gründen nicht zulässig, weil die CO_2-Produktion nicht nur von der Arbeitsleistung, sondern auch durch andere wichtige Faktoren beeinflußt wird.

Tabelle XXI.

CO_2-Ausscheidung pro Minute für die Arbeit des Stehens.

Ort	Fuchs cm³	Deimler cm³
Colle d'Olen I.	23,3	67,5
Capanna Regina Margherita .	42,1	102,2
Colle d'Olen II.	17,8	94,4
Erlangen II.	34,0	66,9

Die Durchschnittswerte aus allen Versuchen für die CO_2-Ausscheidung nach 15 Hantelübungen enthält die Tabelle XXII.

Tabelle XXII.

CO_2-Produktion pro Minute nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs				Deimler			
	CO_2-Produktion pro Minute in cm³	Veränderung in % gegenüber			CO_2-Produktion pro Minute in cm³	Veränderung in % gegenüber		
		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Colle d'Olen I.	455,0	—	—	—	383,0	—	—	—
Capanna Regina Margherita	413,9	— 9,03	—	—	378,9	— 1,06	—	—
Colle d'Olen II.	374,2	— 17,76	— 9,59	—	373,2	— 2,56	— 1,50	—
Erlangen II.	394,3	— 13,34	— 4,74	+ 5,37	454,7	+ 18,72	+ 2,01	+ 21,84

Zunächst fällt auf, daß bei Fuchs die CO_2-Ausscheidung auf Colle d'Olen größer ist als auf der Capanna Regina Margherita. Beim Abstieg vom Monte Rosa-Gipfel nimmt die CO_2-Ausscheidung ab und dann in Erlangen wieder zu. Die auf Colle d'Olen I beobachteten hohen CO_2-Zahlen können mehrfache Ursachen haben. Einmal konnten die Hantelübungen mit einem etwas größeren Aufwand an Muskelarbeit geleistet worden sein, und zweitens war die Möglichkeit vorhanden, daß infolge des besseren Appetites und der besseren Verdauung die CO_2-Ausscheidung eine größere sowie der Anteil der einzelnen zur

Arbeitsleistung oxydierten Nahrungsmittel ein verschiedener war. Beide Momente treffen zu, denn es war in der Tat der respiratorische Quotient auf Colle d'Olen höher als auf der Capanna Regina Margherita. Bezüglich der Wirkung größerer Arbeitsleistungen in großen Höhen haben Zuntz und seine Mitarbeiter eine Verminderung der Ausnützung der Nahrung gefunden, die jedenfalls für die Verkleinerung der CO_2-Ausscheidung nach dem zweiten Hantelversuch mit in Frage kommt. Analoge Momente kommen auch bei der Erklärung der Steigerung, welche die CO_2-Ausscheidung in Erlangen II gegenüber Colle d'Olen II aufweist, in Betracht. Deimler zeigt auf der Capanna Regina Margherita nur eine ganz unwesentliche Verminderung der CO_2-Ausscheidung, trotzdem die respiratorischen Quotienten sich wesentlich erniedrigt haben, woraus eigentlich eine viel stärkere Erniedrigung der CO_2-Ausscheidung gegenüber Colle d'Olen I zu erwarten gewesen wäre. Es müssen also bei Deimler noch besondere Momente gewesen sein, die eine stärkere Muskeltätigkeit bedingt haben, denn der Sauerstoffverbrauch ist auf dem Monte Rosa-Gipfel gegenüber Colle d'Olen erhöht. Eine solche Ursache für eine stärkere Muskeltätigkeit bei den Übungen liegt in der Tat bei Deimler vor, denn die Hantelübungen waren für ihn sehr schmerzhaft wegen der zur Zeit der Arbeitsversuche bestehenden akuten Entzündung eines Hämorrhoidalknotens. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß bei schmerzhaften Bewegungen eine ganze Reihe von Muskelspannungen sowie auch eine Beschleunigung der Atmung auftritt, die sonst unterbleibt, so daß jede Arbeit mit viel größerem Kraftverbrauch durchgeführt wird als unter normalen Bedingungen. Mit der Rückkehr nach Colle d'Olen fielen diese störenden Momente weg, weshalb die CO_2-Produktion gegenüber Colle d'Olen I nicht wesentlich verschieden ist. Die Steigerung der CO_2-Ausscheidung in Erlangen II ist auf die gleichen Ursachen wie bei Fuchs zurückzuführen, da Deimler auch in Erlangen II sich körperlich wesentlich behaglicher fühlte als auf Colle d'Olen II, und sein respiratorischer Quotient sich wesentlich erhöht hatte, wozu die etwas reichlichere Bewegung beigetragen hat, indem in Erlangen doch die, wenn auch kurzen, Wege vom Institut zur Wohnung hinzukamen und außerdem eine bessere

Körperpflege mit Bädern möglich war, die wir auf Colle d'Olen und dem Monte Rosa-Gipfel schmerzlich vermißt haben.

Die Tabelle XXIII zeigt, daß die beiden Hantelübungen zu verschiedenen Zeiten am gleichen Ort von beiden Versuchspersonen mit einer verschiedenen CO_2-Ausscheidung geleistet wurden.

Tabelle XXIII.

CO_2-Produktion pro Minute nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Übung I cm³	Übung II cm³	Veränderung in % des Wertes von Übung I	Übung I cm³	Übung II cm³	Veränderung in % des Wertes von Übung I
Colle d'Olen I.	433,6	476,4	+9,87	393,0	372,9	— 5,12
Capanna Regina Margherita	433,9	393,8	— 9,24	405,9	351,9	— 13,30
Colle d'Olen II.	388,5	359,8	— 7,39	375,2	371,2	— 1,07
Erlangen II.	394,8	393,8	— 0,25	460,8	448,6	— 2,65

Fuchs hat in den Arbeitsversuchen auf Colle d'Olen die zweite Übung mit einem größeren Kraftverbrauch geleistet als die erste Übung, denn es ist nicht nur die CO_2-Produktion größer, sondern, wie später gezeigt werden wird, auch der Sauerstoffverbrauch. Da zwischen den letzten Hantelübungen in Erlangen und der ersten auf Colle d'Olen 14 Tage vergangen waren, so war natürlich bei Fuchs die sonst beim trainierten Individuum bereits eingetretene Gleichmäßigkeit der Arbeitsleistung wieder etwas kleiner geworden. Außerdem kam aber der Höhenaufenthalt noch hinzu, für welchen in bezug auf große Arbeitsleistungen noch keine vollkommene Akklimatisation erfolgt war. In der Tat hat Fuchs auch die Hantelübungen während des ersten Aufenthaltes auf Colle d'Olen sehr anstrengend empfunden. Da aber ein ermüdet gewesener Muskel auch nach einer entsprechenden Erholungszeit rascher ermüdet als ein unermüdet gewesener, so wurde namentlich die zweite Übung wesentlich anstrengender empfunden als die erste. Mit der Ermüdung steigt aber der Kraftverbrauch für eine Bewegung, weil übermäßig stark inner-

viert wird und viele unnötige Muskelspannungen in anderen Gebieten hinzukommen. Auf der Capanna Regina Margherita und Colle d'Olen II ist aber bei Fuchs die CO_2-Ausscheidung während der zweiten Übung kleiner als während der ersten. Es wäre unrichtig, ohne weiteres daraus schließen zu wollen, daß auch die Oxydationen und der Kraftverbrauch vermindert gewesen seien. Der Sauerstoffverbrauch geht nicht mit der CO_2-Verminderung parallel, die respiratorischen Quotienten sind nach der zweiten Übung kleiner als nach der ersten. Aus all dem geht hervor, daß in dem bei der zweiten Übung verbrannten Material, bezw. in dem Wiederersatz des bei der ersten Übung verbrauchten Materiales der Unterschied liegen muß, worauf bei Besprechung der respiratorischen Quotienten näher eingegangen werden wird. In Erlangen, wo die Wirkung des Höhenklimas fehlt und die Übungen gar nicht anstrengend empfunden wurden, war der Kraftverbrauch bei der ersten Übung ein wesentlich geringerer, die Erholung dementsprechend besser, weshalb ein Unterschied in der CO_2-Ausscheidung zwischen beiden Übungen nicht mehr zu finden ist.

Bei Deimler ist während der Aufenthalte auf Colle d'Olen I die CO_2-Produktion nach der zweiten Übung etwas kleiner als nach der ersten, während sie auf Colle d'Olen II und in Erlangen II bei beiden Übungen gleich ist. Die Differenz auf Colle d'Olen I ist wohl auf eine kleine Verschiedenheit in der Ausführung der Übungen zu beziehen, indem die Probeentnahme der Analysenluft bei Übung I 6,5 und 7 Minuten nach der Übung dauerte, während sie bei Übung II 8,5 und 7,5 Minuten währte. Das Verhalten der Atemvolumina während der beiden Versuchsabschnitte deutet schon darauf hin, daß in späteren Minuten nach der Übung die CO_2-Ausscheidung abnehmen muß. Es werden deshalb die Minutendurchschnittswerte der CO_2-Ausscheidung für eine längere Probeentnahme unmittelbar nach der Hantelübung natürlich entsprechend geringer ausfallen müssen. Die starke Verminderung der CO_2-Ausscheidung nach der zweiten Übung auf der Capanna Regina Margherita ist auf dieselben Ursachen wie bei Fuchs zurückzuführen. Da aber bei Deimler die Änderung des respiratorischen Quotienten noch größer war als bei Fuchs, so ist auch die prozentische Abnahme der CO_2-Ausscheidung

nach der zweiten Übung größer ausgefallen. Da für Deimler als den muskelkräftigeren die Hantelübungen unter normalen Bedingungen viel weniger anstrengend waren als für Fuchs, ist die relative Verminderung der CO_2-Ausscheidung bei ihm auch geringer als bei Fuchs, weil bei Deimler infolge der geringeren Anstrengung die durch die Arbeitsleistung geschaffenen, besonderen Verhältnisse im geringeren Grade wirksam waren.

Tabelle XXIV.

Vergleich der pro Minute ausgeschiedenen CO_2-Menge im Stehen und nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Stehen cm³	Nach 15 Hantelübungen cm³	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %	Im Stehen cm³	Nach 15 Hantelübungen cm³	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %
Colle d'Olen I.	195,0	455,0	133,3	288,3	383,0	32,85
Capanna Regina Margherita	227,6	413,9	81,85	295,6	378,9	28,18
Colle d'Olen II.	181,1	374,2	106,6	279,5	373,2	33,52
Erlangen II.	200,1	394,3	97,05	278,4	454,7	63,33

Noch viel deutlicher als die früheren Zahlen zeigen jene der Tabelle XXIV, um wieviel stärker die CO_2-Ausscheidung bei Fuchs durch die Hantelübungen vergrößert wurde als bei Deimler. Eine Diskussion der einzelnen Werte dieser Tabelle erübrigt sich, da sie aus dem früher Gesagten schon genügend aufgeklärt sind.

Der Sauerstoffverbrauch.

So interessant und lehrreich auch das Studium der CO_2-Ausscheidung unter den verschiedenen Versuchsbedingungen ist, so vermag es uns doch kein klares Bild von dem Umfang der im Organismus vor sich gehenden Oxydationen zu verschaffen; darüber kann nur der Sauerstoffverbrauch Aufschluß geben.

Tabelle XXV.

O_2-Verbrauch im Liegen pro Minute.

Ort	Fuchs					Deimler			
	Pro Minute aufgenommener O_2 in cm³	Veränderungen in % gegenüber				Pro Minute aufgenommener O_2 in cm³	Veränderungen in % gegenüber		
		Erlangen I.	Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Erlangen I.	237,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Colle d'Olen I.	278,3	+ 17,08	—	—	—	307,8	—	—	—
Capanna Regina Margherita	282,7	+ 18,93	+ 1,58	—	—	326,8	+ 6,17	—	—
Colle d'Olen II.	266,3	+ 12,03	— 4,31	— 5,80	—	336,7	+ 9,39	+ 3,03	—
Erlangen II.	249,7	+ 5,05	— 10,28	— 11,67	— 6,23	280,5	— 8,87	— 14,17	— 16,69

Die Werte der voranstehenden Tabelle sind die Mittelwerte aus allen angestellten Versuchen für den O_2-Verbrauch im Liegen an den verschiedenen Aufenthaltsorten. Beim Übergang von Erlangen nach dem Colle d'Olen steigt der O_2-Verbrauch nicht unbeträchtlich an, aber mit der Dauer des Aufenthaltes auf Colle d'Olen nimmt die Größe des Sauerstoffverbrauches wieder ab, ohne jedoch die niedrigen Werte der Ebene zu erreichen. Es hat demnach bei Fuchs eine deutliche Steigerung der Oxydationen beim Aufenthalt in größeren Höhenlagen stattgefunden, ein Ergebnis, das vollkommen mit den Untersuchungen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig übereinstimmt. Allerdings war bei Zuntz im Jahre 1903 auf Colle d'Olen keine Steigerung des O_2-Verbrauchs zu konstatieren gewesen, wenn man nur die Versuche berücksichtigt, die am 30. Juli vor dem Aufstieg auf dem Monte Rosa in Berlin angestellt worden waren. Aber der Wert vom 30. Juli liegt um 6,94% höher als der Durchschnittswert der übrigen Berliner Versuche des Jahres 1903. Auch bei Durig ist auf Colle d'Olen eine kleine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs, um 4,55%, eingetreten. Die Versuche der Zuntzschen Expedition des Jahres 1901 sowie die verschiedener anderer Forscher haben gezeigt, daß der Umfang

der Steigerung des O_2-Verbrauchs und die Höhenlage, in der sie auftritt, individuell verschieden sind.

Beim Aufenthalt auf dem Monte Rosa-Gipfel war der Mittelwert des Sauerstoffverbrauchs bei Fuchs nur unwesentlich, so gut wie gar nicht, beim Deimler etwas mehr erhöht. Es wäre aber unrichtig, daraus zu folgern, daß bei Fuchs durch den Übergang von Colle d'Olen auf die Capanna Regina Margherita keine Veränderung des O_2-Verbrauches eingetreten sei. Der letzte Ruheversuch auf Colle d'Olen ergibt einen O_2-Verbrauch von 266,7 cm^3 pro Minute und der erste auf der Capanna Regina Margherita einen solchen von 282,1 cm^3, also eine Steigerung um 5,77%, für Deimler um 5,57%, also bei beiden Versuchspersonen die gleiche relative Vermehrung. Bei Deimler ist während der Dauer des ersten Aufenthaltes auf Colle d'Olen die Abnahme des Sauerstoffverbrauches viel geringer als bei Fuchs, also sind bei Deimler in dieser Höhe stärkere Akklimatisationserscheinungen nicht eingetreten, was wohl so zu verstehen ist, daß die jüngere und kräftigere Versuchsperson durch den Übergang auf 3000 m Höhe nicht in so starker Weise durch die Klimareize affiziert wurde wie Fuchs. Übrigens hat Deimler während der ganzen Versuchsdauer einen größeren absoluten Sauerstoffverbrauch als Fuchs, der wohl auf den Altersunterschied der beiden Versuchspersonen sowie auf das größere Atemvolumen Deimlers zu beziehen ist, da nach den umfangreichen Versuchen von Zuntz und seinen Schülern eine Zunahme der Ventilationsgröße um einen Liter für die dabei zu leistende Muskelarbeit eine Vermehrung des Sauerstoffverbrauches um 5 ccm erfordert.

Zum Vergleich mit unseren Werten sei die Steigerung des Sauerstoffverbrauchs nach dem Aufstieg von Colle d'Olen auf die Capanna Regina Margherita bei Zuntz und Durig angeführt. Sie beträgt für Zuntz 11,82% und für Durig 14,62%. Sie war demnach bedeutend größer als bei uns. Bei ihnen hat also die energische Vermehrung des O_2-Verbrauchs erst in größeren Höhen begonnen. Vergleichen wir die Steigerungen gegenüber der Ebene und dem Monte Rosa-Gipfel, so ergibt sich für Zuntz ein Zuwachs von 19,06% (berechnet aus dem Durchschnitt der Werte des Jahres 1903 in Berlin) und für Durig 19,72%, denen sich Fuchs mit 18,93% (Steigerung

auf dem Monte Rosa gegenüber Erlangen) vollkommen übereinstimmend anreiht. Leider fehlt bei Deimler der entsprechende Ruhewert aus Erlangen.

Nach der Rückkehr von der Capanna Regina Margherita nach Colle d'Olen II nimmt bei Fuchs der Sauerstoffverbrauch ab und ist etwas kleiner als auf Colle d'Olen I, bei Deimler ist er etwas größer als auf dem Monte Rosa-Gipfel, weil Deimler jetzt etwas stärkere Bewegung machte, außerdem hatte Deimler den Mangel der Bewegung am Monte Rosa-Gipfel härter empfunden als Fuchs, dessen Appetit durch den großen Mangel an Bewegung weniger gelitten als der Deimlers. Es hatten sich bei Deimler die gesamten Oxydationen nach der Rückkehr wesentlich gebessert. Wäre die Verdauungsstörung bei Deimler auf der Capanna Regina Margherita geringer gewesen, dann wäre wohl auch der Sauerstoffverbrauch größer gewesen, als er im Versuch ermittelt worden war.

Nach der Rückkehr nach Erlangen sinkt bei beiden Versuchspersonen der Sauerstoffverbrauch ab, aber er ist bei Fuchs größer als in Erlangen I, was damit zusammenhängt, daß Fuchs im Beginn der zweiten Erlanger Versuchsperiode sich etwas mehr Bewegung machte, worauf bereits bei Besprechung der CO_2-Produktion hingewiesen wurde. Eine Verminderung des Sauerstoffverbrauchs nach der Rückkehr aus größeren Höhen, wie er bei Fuchs auf Colle d'Olen II gegenüber Colle d'Olen I zu konstatieren war, hatte auch die Zuntzsche Expedition bei ihren Teilnehmern nach der Rückkehr vom Rothorn nach Brienz gesehen. Zuntz und seine Mitarbeiter deuten sie dahin, daß nach der Rückkehr aus größeren Höhen ein plötzliches Nachlassen der Klimareize eintritt, wodurch die Oxydationen zunächst geringer werden, eine Auffassung, die wohl genügend gestützt ist. Die Vermehrung in Erlangen II gegenüber Erlangen I könnte aber, abgesehen von der schon erwähnten Ursache (größere Bewegung), doch noch andere Gründe haben. Zweifellos muß die Temperaturerniedrigung im Oktober gegenüber dem heißen Juli eine Steigerung der Oxydationen mit sich bringen, aber außerdem könnte auch noch eine günstige Nachwirkung des Höhenaufenthaltes darin zum Ausdruck kommen,

zumal Jaquet und Stähelin[1]) eine, allerdings in ihre Größe unerklärliche, Vermehrung des O_2-Verbrauchs und der CO_2-Ausscheidung nach der Rückkehr vom Chasseral nach Bern fanden. Gewichtiger sind die Versuche von A. Loewy[2]) und Caspari, die nach einem Aufenthalt in der verdünnten Luft des pneumatischen Kabinetts bei der Rückkehr in die atmosphärische Luft eine deutliche Zunahme des O_2-Verbrauchs konstatieren konnten. Da für unsere Versuche die Steigerung des O_2-Verbrauchs in Erlangen II gegenüber Erlangen I durch die vermehrte Bewegung und die Temperaturerniedrigung genügend erklärt erscheint, so muß namentlich im Hinblick auf die Verminderung des O_2-Verbrauchs in Colle d'Olen II gegenüber Colle d'Olen I und die Ergebnisse der Rothornversuche eine Steigerung der Oxydationen nach der Rückkehr aus dem Hochgebirge in die Ebene als Nachwirkung des Höhenaufenthaltes als unwahrscheinlich gelten, trotzdem der O_2-Verbrauch bei Deimler in Colle d'Olen II größer war als in Colle d'Olen I, zumal sich für diese bei Deimler beobachtete Steigerung des O_2-Verbrauches auch andere gewichtige Gründe ins Treffen führen lassen.

Die folgende Tabelle XXVI enthält die pro Kilogramm Körpergewicht an den verschiedenen Orten verbrauchten O_2-Mengen.

Tabelle XXVI.

O_2-Verbrauch im Liegen in cm^3 pro Minute für das Kilogramm Körpergewicht.

Ort	Fuchs	Deimler
Erlangen I.	3,60	—
Colle d'Olen I.	4,22	4,53
Capanna Regina Margherita .	4,28	4,81
Colle d'Olen II.	4,04	4,95
Erlangen II.	3,78	4,13

[1]) A. Jaquet u. R. Stähelin, Stoffwechselversuch im Hochgebirge. Arch. f. exp. Pathолog. u. Pharmakolog. **46** (1901).

[2]) A. Loewy, Unters. üb. d. Respiration und Cirkulation bei Änderung des Druckes und des Sauerstoffgehaltes der Luft. Berlin 1895.

Auch diese Werte stimmen sehr gut mit denen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig überein. Die Zuntzsche Expedition vom Jahres 1901 hatte für Berlin einen Mittelwert des O_2-Verbrauchs pro Kilogramm Körpergewicht von 3,63 cm³ ergeben. Durig fand in Wien 3,96 cm³, auf der Capanna Regina Margherita fand Zuntz 3,84 (1903) und Durig 4,74 cm³.

Tabelle XXVII.

O_2-Verbrauch pro Minute im Liegen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Colle d'Olen I. . . .	278,3	—	—	307,8	—	—
Capanna Regina Margherita	282,1	283,2	+ 0,39	312,4	341,1	+ 9,19
Colle d'Olen II. . . .	276,6	255,9	— 7,48	348,4	324,9	— 6,75
Erlangen II.	253,7	245,7	— 3,15	284,8	276,1	— 3,06

Die Gegenüberstellung des O_2-Verbrauchs im Liegen während der Arbeits- und Ruheperioden an den einzelnen Orten, welche in Tabelle XXVII enthalten ist, zeigt bei Fuchs und Deimler auf Colle d'Olen II eine größere Verminderung des O_2-Verbrauchs während der Arbeitsperiode gegenüber der Ruheperiode, die dadurch erklärt wird, daß der Ruheversuch ganz kurze Zeit nach dem Abstieg stattgefunden hat (bei Fuchs nach $1^1/_2$, bei Deimler nach $2^1/_2$ Tagen), und während dieser Zeit auch alle Apparate, die vom Gipfel kamen, ausgepackt und neu montiert werden mußten. Infolgedessen wurde etwas mehr Körperbewegung geleistet, wodurch eine Erhöhung des Ruhestoffwechsels eintrat. Auch in Erlangen II sind die kleinen Differenzen wohl auf die gleichen Ursachen zurückzuführen. Nur die Vermehrung des O_2-Verbrauchs auf der Capanna Regina Margherita bei Deimler während der Arbeitsperiode bedarf noch einer besonderen Erklärung. Es genügt aber darauf hinzuweisen, daß infolge der schmerzhaften Entzündung des

Hämorrhoidalknotens wohl auch der gesamte Ruhestoffwechsel etwas erhöht war.

Tabelle XXVIII.

O_2-Verbrauch pro Minute im Stehen.

Ort	Fuchs				Deimler			
	Pro Minute aufgenommener O_2 in cm^3	Veränderung in % gegenüber			Pro Minute aufgenommener O_2 in cm^3	Veränderung in % gegenüber		
		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Colle d'Olen I.	296,6	—	—	—	398,7	—	—	—
Capanna Regina Margherita	320,1	+ 7,92	—	—	439,0	+ 10,11	—	—
Colle d'Olen II.	300,1	+ 1,18	— 6,25	—	440,0	+ 11,36	+ 1,14	—
Erlangen II.	279,5	— 5,77	— 12,68	— 6,86	379,3	— 4,87	— 13,60	— 14,57

Der O_2-Verbrauch im Stehen ist aus Tabelle XXVIII zu ersehen, welche wieder die Mittelwerte aus allen an den verschiedenen Aufenthaltsorten angestellten Versuchen enthält. Der O_2-Verbrauch im Stehen ändert sich ganz analog wie im Liegen, nur fehlt bei Fuchs die Verminderung des O_2-Verbrauchs gegenüber Colle d'Olen I nach der Rückkehr vom Monte Rosa-Gipfel, welche beim Ruheverbrauch im Liegen zu konstatieren gewesen war. Die Arbeitsleistung des Stehens genügte schon, um das Nachlassen der Klimareize auszugleichen. Deimler zeigt im Stehen das vollständig analoge Verhalten des O_2-Verbrauchs wie im Liegen, auch die Steigerung auf Colle d'Olen II gegenüber Colle d'Olen I ist mit der gleichen Schärfe ausgeprägt, so daß eine Diskussion der Werte nicht weiter notwendig erscheint.

Die bereits bei der Diskussion der Werte für den CO_2-Verbrauch hervorgehobene Anschauung, daß das Stehen zu verschiedenen Zeiten mit einem verschiedenen Aufwand an Muskelarbeit erfolgt, wird durch die Werte der Tabelle XXIX vollauf begründet, in welcher nicht unerhebliche Differenzen zu finden sind. Der auffallend niedrige Wert bei Deimler während der Ruheversuche auf Colle d'Olen I muß

Tabelle XXIX.

O_2-Verbrauch pro Minute im Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert	Ruheversuch cm³	Arbeitsversuch cm³	Veränderung des Arbeitswertes in % vom Ruhewert
Colle d'Olen I. . . .	295,1	298,0	+ 0,98	365,8	431,6	+ 17,99
Capanna Regina Margherita	312,9	327,3	+ 4,60	434,0	444,0	+ 2,30
Colle d'Olen II. . . .	316,5	283,6	— 10,40	464,5	423,5	— 8,83
Erlangen II. . . .	274,4	285,0	— 3,86	376,3	382,3	+ 1,59

durch irgendwelche fehlerhafte Haltung, z. B. Anlehnen an den Tisch, entstanden sein, da während der ganzen Versuche sonst kein so niedriger O_2-Verbrauch zu finden ist. Sowohl bei Fuchs wie bei Deimler ist der O_2-Verbrauch während der Ruheperiode auf Colle d'Olen II größer als während der Arbeitsperiode, aber er ist auch größer als während der Ruheperiode auf der Capanna Regina Margherita, ja bei Deimler hat er sich sogar gegenüber der Arbeitsperiode auf dem Monte Rosa-Gipfel gesteigert. Zweifellos wirkte für die Ruheperiode auf Colle d'Olen noch die Anstrengung des ermüdenden Abstieges nach, die sich bei der Arbeitsleistung des Stehens erst recht deutlich bemerkbar machte. Es ist eine alte Erfahrung, daß eine ungewohnte große Muskelarbeit — und eine solche ist der Abstieg nach der langen Zeit geringer Bewegung auf dem Monte Rosa-Gipfel gewesen — erst am zweiten oder dritten Tage nach der Arbeitsleistung ihre Folgen geltend macht, indem bei allen, selbst kleinen Bewegungen mehr oder weniger starke Muskelschmerzen auftreten. Es sei hier nur an das sogen. „Turn- und Reitweh“ erinnert. In diesem Sinne ist auch die stärkere Anstrengung beim Stehen aufzufassen, die sich im Ruheversuch auf Colle d'Olen II durch einen wesentlich erhöhten O_2-Verbrauch kundgibt.

Die relativen Zunahmen des O_2-Verbrauchs im Stehen gegenüber dem Liegen sind aus Tabelle XXX er-

sichtlich, deren Werte die Mittelzahlen aus allen angestellten Versuchen enthalten.

Tabelle XXX.

Vergleich des O_2-Verbrauches pro Minute im Liegen und im Stehen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Liegen cm^3	Im Stehen cm^3	Zunahme im Stehen in %	Im Liegen cm^3	Im Stehen cm^3	Zunahme im Stehen in %
Colle d'Olen I.	278,3	296,6	6,58	307,8	398,7	29,53
Capanna Regina Margherita	282,7	320,1	13,23	326,8	439,0	34,43
Colle d'Olen II.	266,3	300,1	12,69	336,7	444,0	31,87
Erlangen II.	249,7	279,5	11,93	280,5	379,3	35,22

Wenn wir bei Fuchs von dem geringen Wert der prozentischen Zunahme des O_2-Verbrauchs im Stehen auf Colle d'Olen I absehen, der, wie schon früher hervorgehoben wurde, durch den großen O_2-Verbrauch im Liegen bedingt ist, so ergibt sich für beide Versuchspersonen eine sehr befriedigende Übereinstimmung der relativen Steigerung des O_2-Verbrauchs. Bei Fuchs wird durch die Arbeit des Stehens der O_2-Verbrauch durchschnittlich um 12,62%, bei Deimler um 33,81% erhöht, wenn nur die drei letzten Versuchsperioden berücksichtigt werden.

Die Tabelle XXXI zeigt die absoluten Zunahmen des O_2-Verbrauchs, welche die Arbeit des Stehens in den verschiedenen Höhenlagen erfordert bei gleichzeitiger Umrechnung auf das Kilogramm Körpergewicht. Da eine der beiden Versuchspersonen (Fuchs) eine nachlässige, die andere (Deimler) eine gute Körperhaltung im Stehen hat, so kann man einen Mittelwert aus beiden Versuchsreihen nehmen, der für die Mehrzahl der Fälle dem wirklichen Zuwachs des O_2-Verbrauchs für die Mehrarbeit des Stehens ungefähr entsprechen wird.

Die Werte der Tabelle XXXI zeigen deutlich, daß der O_2-Verbrauch für die Arbeit des Stehens im Hochgebirge mit der Erhebung in höheren Lagen sich erheblich vergrößert. Gegenüber Erlangen hat auf Colle d'Olen

Tabelle XXXI.

O_2-Verbrauch pro Minute in cm^3 für die Arbeit des Stehens.

Ort	Fuchs		Deimler		Mittel pro Kilogramm Körpergewicht
	Zuwachs (absolut)	Zuwachs pro Kilogramm Körpergewicht	Zuwachs (absolut)	Zuwachs pro Kilogramm Körpergewicht	
Capanna Regina Margherita	37,4	0,57	112,2	1,65	1,11
Colle d'Olen II.	33,7	0,51	107,3	1,58	1,05
Erlangen II.	29,8	0,45	98,8	1,45	0,95

der Sauerstoffverbrauch im Stehen zugenommen, bei Fuchs um 13,09%, bei Deimler um 8,60%, im Mittel um 10,85%. Auf der Capanna Regina Margherita beträgt die Vermehrung des Sauerstoffverbrauchs gegenüber Colle d'Olen bei Fuchs 10,98%, bei Deimler 4,43%, im Mittel 7,71%, und endlich auf dem Monte Rosa-Gipfel gegenüber Erlangen bei Fuchs 25,87%, bei Deimler 13,56%, im Mittel 19,72%. Diese Werte bestätigen vollkommen die von Fuchs im Jahre 1907 beobachtete Tatsache, daß das Stehen im Hochgebirge mit einer wesentlich größeren Arbeitsleistung erfolgt als in der Ebene. Da die Verminderung des Luftdruckes auf Colle d'Olen gegenüber Erlangen 27,82%, auf der Capanna Regina Margherita gegenüber Colle d'Olen nur 19,29% beträgt, so ist es ganz erklärlich, daß der O_2-Verbrauch für das Stehen beim Übergang von Erlangen nach Colle d'Olen relativ mehr ansteigt als von Colle d'Olen nach dem Monte Rosa-Gipfel, denn die prozentischen Veränderungen des Luftdruckes, sowie die der Zunahme des O_2-Verbrauches stehen zueinander nahezu im Verhältnis von 3:2. Das Verhältnis der relativen barometrischen Änderung ist $\frac{27,82}{19,29} = 1,44$; das Verhältnis der relativen Änderung des O_2-Verbrauchs ist $\frac{10,85}{7,71} = 1,41$. Diese Übereinstimmung heißt nun nichts anderes, als daß die Zunahme des O_2-Verbrauchs beim Stehen proportional dem barometrischen Gefälle geht. Dieses Verhalten wird ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß die Arbeit,

welche der atmosphärische Luftdruck an den Gelenken leistet, mit dem Aufstieg in größere Höhen kleiner wird und nun durch eine entsprechende Muskelarbeit ersetzt werden muß, um den Gelenken die gleiche Festigkeit zu geben.

Diesen Untersuchungen über den respiratorischen Gaswechsel beim Stehen kommt auch einige praktische Bedeutung insoferne zu, als sie uns zeigen, daß die sogen. „militärische Haltung", die der Soldat auf das Kommando „Stillgestanden" einzunehmen hat, mit einem außerordentlich großen Kraftverbrauch einhergeht und deshalb sehr ermüden muß, wodurch die folgenden Leistungen der Truppen beeinträchtigt werden können, namentlich dann, wenn aus Unverständnis der physiologischen Vorgänge lange Zeit diese Haltung beibehalten werden muß. Wenn schon in der Ebene diese Haltung große Anforderungen an die Muskelarbeit des einzelnen stellt, so wird sie bei Gebirgstruppen durch die Höhenlage des Aufenthaltes wesentlich erhöht und erscheint deshalb noch ermüdender und unzweckmäßiger als in der Ebene. Für das deutsche Heer kommen diese letzteren Momente höchstens für einzelne im Allgäu gelegene Garnisonen einigermaßen in Frage, aber für die österreichischen, schweizer, italienischen sowie französischen Gebirgstruppen verdienen sie einige Beachtung.

Wir wenden uns nun dem Sauerstoffverbrauch nach einer größeren Arbeitsleistung, nach 15 Hantelübungen zu, über dessen Verhalten die Tabelle XXXII Aufschluß gibt, welche die Mittelwerte aus allen angestellten Hantelversuchen enthält.

Der Sauerstoffverbrauch ist bei den Hantelversuchen aus einem 5 Minuten dauernden Versuch berechnet; bei länger dauernden Versuchen würden jedenfalls die Unterschiede sehr klein ausfallen, weil die Versuche von Fuchs im Jahre 1907 ergeben haben, daß die Atmung sehr rasch wieder zur Norm zurückkehrt. Der Sauerstoffverbrauch steigt mit der Erhebung in größere Höhen an. Es ist das eine Bestätigung der Erfahrungen, welche Zuntz und seine Mitarbeiter sowie Durig bei Marschversuchen gemacht haben. Da wir nach dem langen Aufenthalt auf der Capanna Regina Margherita bereits hinreichend akklimatisiert waren, so ist ein größerer Unterschied im Sauerstoffverbrauch zwischen Colle d'Olen II und Erlangen II nicht

Tabelle XXXII.

O_2-Verbrauch pro Minute nach 15 Hantelübungen
(als Durchschnittswert der 5 Minuten dauernden Beobachtung).

Ort	Fuchs				Deimler			
	Pro Minute verbrauchter O_2 in cm³	Veränderung in % gegenüber			Pro Minute verbrauchter O_2 in cm³	Veränderung in % gegenüber		
		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.		Colle d'Olen I.	Capanna Regina Margherita	Colle d'Olen II.
Colle d'Olen I.	628,4	—	—	—	583,5	—	—	—
Capanna Regina Margherita	675,8	+ 7,54	—	—	740,5	+ 26,91	—	—
Colle d'Olen II.	540,5	— 13,99	— 20,02	—	640,3	+ 9,73	— 13,53	—
Erlangen II.	534,4	— 14,96	— 20,93	— 1,13	617,2	+ 5,78	— 16,65	— 3,61

mehr zu erwarten. Der größere Wert auf Colle d'Olen I gegenüber Colle d'Olen II bei Fuchs zeigt, daß für ihn im Anfang, solange noch keine ausreichende Akklimatisation für größere Arbeitsleistungen in einer Höhe von 3000 m eingetreten war, die Übungen sehr anstrengend waren — was auch mit den subjektiven Empfindungen übereinstimmt —, weshalb die Übungen mit einem Überschuß an Kraftverbrauch ausgeführt wurden. Bei Deimler ist der O_2-Verbrauch auf Colle d'Olen I zu niedrig ausgefallen gegenüber Colle d'Olen II aus den Gründen, die schon bei Besprechung der CO_2-Werte auf Colle d'Olen I angegeben worden sind, denn Deimler hatte den Versuch statt 5 Minuten 6,5 und 7 Minuten resp. 8,5 und 7,75 Minuten fortgesetzt. Ohne diese Versuchsfehler würde zweifellos auch bei Deimler der O_2-Verbrauch auf Colle d'Olen I größer als auf Colle d'Olen II ausgefallen sein und auf dem Monte Rosa-Gipfel eine wesentlich geringere Zunahme des O_2-Verbrauchs an Stelle der 26,91% gefunden worden sein.

Die Tabelle XXXIII enthält die Mittelwerte für den Sauerstoffverbrauch pro Minute nach der ersten und zweiten Übung. Wir hatten erwartet, daß analog den Marschversuchen von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie von Durig sich ein Einarbeiten würde konstatieren lassen, indem nach der zweiten Hantelübung ein kleinerer O_2-Verbrauch gefunden würde als

Tabelle XXXIII.

O_2-Verbrauch pro Minute nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Übung I cm³	Übung II cm³	Veränderung in % des Wertes von Übung I	Übung I cm³	Übung II cm³	Veränderung in % des Wertes von Übung I
Collè d'Olen I.	580,0	676,7	+ 16,67	598,0	569,0	— 4,85
Capanna Regina Margherita	676,0	675,5	— 0,07	768,5	712,5	— 7,29
Colle d'Olen II.	549,0	532,0	— 3,09	611,5	669,0	+ 9,40
Erlangen II.	536,3	542,5	+ 1,16	617,3	617,0	— 0,05

bei der ersten. Es sind zwar Andeutungen nach dieser Richtung hin vorhanden, aber eine Anzahl von Versuchen zeigt auch, daß bei der zweiten Übung der O_2-Verbrauch größer war als bei der ersten. Die große Zunahme auf Colle d'Olen I bei Fuchs würde durchaus nicht gegen ein solches Einarbeiten der Muskeln sprechen, da sie durch eine unbeabsichtigte Änderung der Versuchsdauer herbeigeführt worden ist, indem bei den zwei Versuchen der Übung I die Probeentnahme der zur Analyse bestimmten Luft 6 Minuten anstatt 5 Minuten dauerte. Es kam also der Abfall des Sauerstoffverbrauchs in der 6. Minute noch mit zur Wirkung, infolgedessen mußte sich natürlich der Mittelwert pro Minute wesentlich verringern. Gerade umgekehrt war die Änderung bei einem Versuch nach Übung II. Hier wurde die Probeentnahme aus Versehen am Ende der 4. Minute abgestellt, es konnte deshalb der Sauerstoffabfall der 5. Minute nicht mehr zur Geltung kommen, weshalb der pro Minute gefundene Mittelwert zu hoch ausfallen mußte, so daß durch Summation der beiden Fehler die große Differenz im Sauerstoffverbrauch zwischen den beiden Übungen herauskam. Für den Mittelwert aus beiden Übungen sind aber die unbeabsichtigten Variationen der Versuchsdauer gleichgültig, da das Zuviel des einen durch das Zuwenig des anderen Versuches ausgeglichen wird. Ein äußerer Grund für die Zunahme des O_2-Verbrauchs bei der zweiten Übung auf Colle d'Olen in den Versuchen von Deimler ist ebenfalls zu ermitteln. Unser Metronom, nach dessen Schlägen

die Übungen ausgeführt wurden, war auf dem Transport von der Capanna Regina Margherita nach Colle d'Olen beschädigt worden, weshalb wir die Übungen in Colle d'Olen II und Erlangen II ohne dieses ausführen mußten. Trotz der langen Übung während der Versuche scheint es uns doch nicht möglich gewesen zu sein, eine genau gleiche Geschwindigkeit bei allen Übungen inne zu halten, so daß kleine Differenzen in der Zeit, innerhalb welcher die gleiche Arbeitsleistung ausgeführt wurde, vorlagen. Dieser Umstand hat wohl bei Deimler die Differenz im Sauerstoffverbranch zwischen den beiden Übungen auf Colle d'Olen II mitverschuldet. Ohne diese Mängel unserer Hantelversuche hätten wir wohl sicher auch bei unseren Versuchen das Einarbeiten der Muskeln eindeutig konstatieren können.

Tabelle XXXIV.

Vergleich des O_2-Verbrauchs pro Minute im Stehen und nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Stehen cm³	Nach 15 Hantelübungen cm³	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %	Im Stehen cm³	Nach 15 Hantelübungen cm³	Zunahme nach 15 Hantelübungen in %
Colle d'Olen I.	298,0	628,4	110,9	431,6	583,5	35,20
Capanna Regina Margherita	327,3	675,8	106,5	444,0	740,5	66,78
Colle d'Olen II.	283,6	540,5	90,58	423,5	640,3	51,19
Erlangen II.	285,0	534,4	87,51	382,3	617,2	61,44

Der Vergleich des O_2-Verbrauchs im Stehen und nach den Hantelübungen, wie er in Tabelle XXXIV durchgeführt ist, die nur die Mittelzahlen der an den gleichen Tagen angestellten Versuche enthält, zeigt zunächst, daß Deimler mit einer wesentlich geringeren relativen Steigerung des O_2-Verbrauchs über dem Ruheverbrauch die Hantelarbeit leistete als Fuchs, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß Deimler das muskelkräftigere und auch sportlich gewandtere Individuum ist. Bei Fuchs ist zunächst auf Colle d'Olen I durch die Arbeitsleistung eine sehr intensive Erhöhung des Sauer-

stoffverbrauchs eingetreten, die vor allem dadurch erklärt wird, daß die so exzessive Arbeitsleistung zu einer Zeit stattgefunden hat, in der der Organismus für solche Arbeitsleistungen im Hochgebirge noch nicht genügend akklimatisiert war. Trotz des absolut größeren Sauerstoffverbrauchs nach der Arbeit auf der Capanna Regina Margherita ist doch die prozentische Zunahme gegenüber dem Verbrauch im Stehen eine etwas kleinere als auf Colle d'Olen I, ein Beweis dafür, wie gut sich der Organismus durch den langen Aufenthalt auf dem Monte Rosa-Gipfel akklimatisiert hatte. Diese günstige Wirkung kommt später erst recht zur Geltung, indem auf Colle d'Olen II die gleiche Arbeit mit einem wesentlich geringeren Mehrverbrauch über jenen beim ruhigen Stehen geleistet werden kann. In Erlangen II ist eine weitere kleine, aber unwesentlichere Abnahme der relativen Vermehrung des O_2-Verbrauchs bei der Arbeit zu konstatieren. Bei Deimler scheidet der Vergleich der Werte nach den Hantelübungen auf Colle d'Olen I aus der weiteren Diskussion aus, weil der Mittelwert aus Versuchen mit 6—8 Minuten Dauer stammt, also nicht mit den folgenden verglichen werden kann. Auch bei Deimler ist die relative Vermehrung des O_2-Verbrauchs auf dem Monte Rosa-Gipfel am größten, aber in den beiden folgenden Versuchsperioden zeigt Deimler zu große Ungleichheiten, die offenbar damit zusammenhängen, daß an den beiden Orten die Übungen aus den erwähnten Gründen zu ungleich rasch ausgeführt worden sind.

Tabelle XXXV.

O_2-Verbrauch pro Minute in cm³ für die Arbeit der Hantelübungen.

Ort	Fuchs		Deimler	
	Zuwachs		Zuwachs	
	im ganzen	pro Kilogramm Körpergewicht	im ganzen	pro Kilogramm Körpergewicht
Capanna Regina Margherita	348,5	5,28	296,5	4,36
Colle d'Olen II.	256,9	3,89	216,8	3,19
Erlangen II.	249,5	3,76	234,9	3,44

Aus der Tabelle ersehen wir, daß im Gegensatz zum Stehen für den trainierten und akklimatisierten Menschen der O_2-Verbrauch für anstrengende Arbeit mit der Erhebung in größere Höhen ganz enorm wächst, daß hier keine einfache Proportionalität mit dem Gefälle des atmosphärischen Druckes mehr besteht. Bei Fuchs ist der Sauerstoffmehrverbrauch für die Hantelarbeit auf Colle d'Olen II nur um 3,01% größer als in Erlangen II, dagegen hat der Sauerstoffmehrverbrauch auf der Capanna Regina Margherita um 35,66% gegenüber Colle d'Olen II für die gleiche Arbeitsleistung zugenommen.

Trotz des abnormen Verhaltens Deimlers, denn bei ihm ist die Arbeitszunahme des O_2-Verbrauchs auf Colle d'Olen II kleiner als in Erlangen II, zeigt sein Versuch im Prinzip das gleiche. Wir können auf Grund dieser Beobachtungen sagen, daß verhältnismäßig größere Arbeitsleistungen bis zu Höhen von 3000 m mit einem gegen die Ebene nicht sehr gesteigerten Arbeitsverbrauch an O_2 geleistet werden, daß aber in Höhen über 4000 m die Arbeitszunahme des O_2-Verbrauches sehr wesentlich wächst. Dieses Ergebnis bestätigt vollkommen die Ergebnisse der Marschversuche von Zuntz und seinen Mitarbeitern sowie jene von Durig. Dieses Moment, daß der O_2-Verbrauch für die gleiche Arbeit erst in Höhen über 3000 m so rasch ansteigt, ist wohl eine der Hauptursachen dafür, daß die Bergkrankheit bei der Mehrzahl der Durchschnittstouristen in Höhenlagen um 4000 m beginnt; denn dann kommt eine rapide O_2-Verarmung des Organismus durch die Arbeitsleistung des Marsches zustande, wenn das Individuum seinen großen O_2-Verbrauch durch ein entsprechend hohes Sauerstoffbindungsvermögen des Blutes nicht zu decken vermag. Da beim Trainierten und Akklimatisierten sowohl der O_2-Verbrauch für die Arbeit kleiner und das O_2-Bindungsvermögen des Blutes größer ist als beim Untrainierten und Nichtakklimatisierten, so ergibt sich ohne weiteres daraus der Wert des Trainings und der Akklimatisation für die Verhütung der Bergkrankheit.

Die respiratorischen Quotienten.

Die Werte der respiratorischen Quotienten, wie sie Tabelle XXXVI angibt, sind auffallend niedrig für alle im Hochgebirge verbrachten Versuchszeiten, während sie sich in Erlangen den Werten nähern, die sonst in der Ebene beobachtet worden sind, z. B. Zuntz (1903) in Berlin 0,786 und Durig (1903) in Wien 0,771.

Tabelle XXXVI.

Respiratorische Quotienten im Liegen.

Ort	Fuchs		Deimler	
	Ruheversuch	Arbeitsversuch	Ruheversuch	Arbeitsversuch
Colle d'Olen I.	0,64	—	0,66	—
Capanna Regina Margherita . .	0,69	0,64	0,73	0,53
Colle d'Olen II.	0,65	0,65	0,58	0,63
Erlangen II.	0,75	0,62	0,72	0,77

Wohl hatte bereits die Zuntzsche Expedition vom Jahre 1901 sowie die Versuche von Zuntz und Durig 1903 ein Absinken der respiratorischen Quotienten im Hochgebirge erkennen lassen, aber derartig niedrige weit unter dem Fettwert liegende Quotienten sind von Zuntz und seinen Mitarbeitern nur vereinzelt gefunden worden. Der niedrigste auf der Zuntzschen Expedition vom Jahre 1901 beobachtete Quotient war mit 0,573 einmal bei Müller auf Colle d'Olen beobachtet worden, während Quotienten zwischen 0,620—0,688 gelegentlich bei Caspari, Loewy, Müller, Waldenburg und Zuntz konstatiert worden sind. Dagegen sind in den Versuchen von Zuntz und Durig im Jahre 1903 sehr vielfach respiratorische Quotienten unter 0,70 beobachtet worden, der niedrigste war der an Zuntz während einer Ruhe im Freien auf dem Gemshorn (Corno del camoscio) gefundene von 0,623 und einer nach Bettruhe von 0,637. Ferner ergaben sich bei Zuntz im Ruheversuch auf der Capanna Regina Margherita bei verschiedenen Variationen der Versuchsbedingungen vielfach Werte zwischen 0,661 und 0,697; sogar in Berlin wurde einmal nach einem Marsch auf verschneitem Wege bei Zuntz der

Quotient 0,697 gefunden. Auch bei Durig sind mehrfach respiratorische Quotienten unter 0,70 konstatiert worden, vor allem bei Ruheversuchen auf dem Monte Rosa-Gipfel, namentlich nach einem vorausgegangenen Aufenthalt im Freien. Ferner fanden sich solche niedrige Quotienten mehrfach bei Horizontalmärschen in Wien und auf Colle d'Olen sowie bei allen Horizontalmärschen auf der Capanna Regina Margherita. Immerhin muß hervorgehoben werden, daß der respiratorische Quotient sowohl bei Durig als bei Zuntz meist etwas größer als 0,7 ist. Unsere niedrigen Quotienten zeigen, daß der normale gesunde menschliche Organismus selbst für lange Zeit einen respiratorischen Quotienten aufweisen kann, der weit unter dem Wert für die Oxydation der Fette liegt.

Wir haben nun zu fragen, welche Momente zur Erklärung der dauernd niedrigen respiratorischen Quotienten herangezogen werden können. In erster Linie muß wohl unsere Ernährung im Stoffwechselregime, die mit gleicher Eintönigkeit durch $3^1/_2$ Monate fortgesetzt wurde, berücksichtigt werden. Wenn wir auch unsere tägliche Stoffwechselration stets aufgegessen haben, so war uns das Essen auf dem Monte Rosa-Gipfel doch mehr Pflicht als Bedürfnis. Namentlich bei Deimler hatte der Appetit unter dem großen Mangel an Bewegung weitaus mehr gelitten als bei Fuchs, daher finden wir auch bei Deimler in der letzten Versuchsperiode auf dem Monte Rosa-Gipfel abnorm niedrige Werte für den respiratorischen Quotienten. Aber auch Fuchs zeigt in der letzten Versuchsperiode in Erlangen einen sehr niedrigen Mittelwert, den kleinsten in der ganzen Versuchsreihe, was zweifellos damit zusammenhängt, daß bei Fuchs in Erlangen während der letzten Versuchstage der Appetit zu leiden begonnen hatte. Die zunächst ganz unerklärbar erscheinenden Anstiege der respiratorischen Quotienten bei Deimler während des Ruheversuches auf dem Monte Rosa-Gipfel und bei Fuchs und Deimler in Erlangen sind geradezu, wenn auch unbeabsichtigt gewesene, Experimenta crucis. Deimler hatte bei seinem Abstieg von der Capanna Regina Margherita nach Colle d'Olen das Stoffwechselregime drei Tage hindurch unterbrochen und mit größtem Appetit eine frisch

zubereitete sehr kohlenhydratreiche Nahrung zu sich genommen. Am Tage nach der Ankunft auf dem Monte Rosa-Gipfel war dann der respiratorische Quotient bedeutend emporgeschnellt und sank später sehr tief ab, als während der letzten Periode der Appetit schlechter wurde, wozu die starke Obstipation bei Deimler das Ihrige beitrug. Die gleiche Beobachtung machten wir auf der Rückreise vom Monte Rosa, wo wir wiederum für 4 Tage unser Stoffwechselregime unterbrachen und mit einem ganz unsagbarem Behagen frisch zubereitete Nahrung, besonders aber Brot essen konnten, denn Fuchs hatte bis dahin ununterbrochen 84 Tage lang nur die Stoffwechselkonservennahrung gegessen. Diese enorme Besserung des Appetites brachte im Beginn der ersten Versuchsperiode in Erlangen II eine bedeutende Steigerung des respiratorischen Quotienten mit sich. Leider verschlechterte sich bei Fuchs der Appetit in Erlangen II, und dementsprechend wird der Quotient bei ihm wieder sehr niedrig, während bei Deimler der Appetit bis zum Ende der Erlanger Versuchsperiode ein sehr guter blieb. Als bei Deimler nach der Rückkehr von der Capanna Regina Margherita nach Colle d'Olen II die Obstipation und die dadurch bedingte Verringerung des Appetites allmählich behoben war, stieg auch der respiratorische Quotient wieder an, er hielt sich aber doch noch etwas niedriger (0,63), als auf Colle d'Olen I (0,66).

Übrigens spielt auch die verhältnismäßig große Fettmenge in unserer Nahrung eine wesentliche Rolle für die niedrigen Werte der respiratorischen Quotienten, auch dafür haben wir ein unbeabsichtigtes Experimentum crucis angestellt. Als die Träger wegen des Wettersturzes unsere Apparate und den Nachschub des Proviantes nicht auf die Capanna Regina Margherita bringen konnten, waren uns die Fleischkonserven ausgegangen, und Fuchs nahm, während er auf der Capanna allein zurückblieb, nun anstatt der fettreichen Fleischkonserven isodyname Mengen Kakes, Schokolade und etwas mehr Käse als teilweisen Ersatz für das Fleischeiweiß zu sich. In der Hauptsache unterscheidet sich aber die Nahrungsaufnahme dieser Zwischenperiode durch ihren größeren Reichtum an Kohlenhydraten von unserer regulären Stoffwechselkost. Demzufolge ist der respiratorische Quotient im Beginn der Ruhever-

suche auf der Capanna Regina Margherita auf 0,69 gestiegen, sinkt dann aber wieder im weiteren Verlauf der Versuche auf 0,64 ab, den gleichen Wert, welcher während der Ruheperiode auf Colle d'Olen I beobachtet wurde.

Wenn der respiratorische Quotient unter den Fettwert absinkt, dann kann sich der intermediäre Stoffwechsel nach zwei Seiten hin geändert haben. Entweder es findet eine Neubildung von Glykogen aus Fett und Eiweiß statt, worauf Zuntz und seine Mitarbeiter hingewiesen haben, oder es liegt die Möglichkeit vor, daß ein großer Teil der sonst zu Kohlendioxyd verbrannten Stoffe nicht bis zu dieser Oxydationsstufe verbrannt werden, sondern als unvollkommenere Verbrennungsstufen aus dem Körper ausgeschieden werden. Auch noch eine dritte Möglichkeit für die Erniedrigung der respiratorischen Quotienten ist dadurch gegeben, daß unter den besonderen Verhältnissen des Versuches Stoffe oxydiert werden, die sonst nur wenig am Verbrennungsprozeß beteiligt sind, wie z. B. Eiweiß und ihm nahestehende Körper. Nun haben die Versuche der Zuntzschen Expedition eine Erhöhung des Eiweißstoffwechsels im Hochgebirge ergeben, so daß dieser Faktor auch erniedrigend auf den respiratorischen Quotienten wirken muß.

Aber es kommt noch ein sehr wichtiges Moment für den hohen Sauerstoffverbrauch und die Erniedrigung des respiratorischen Quotienten in Betracht, dem man bis jetzt keine Aufmerksamkeit geschenkt hat, nämlich die bedeutende Neubildung von Hämoglobin, eines Körpers, in dessen Molekül nach Hüfners Berechnungen mindestens 181 Sauerstoffatome vorhanden sind. Dazu kommt auch noch der Sauerstoffverbrauch für die Bildung der Stromasubstanz der roten Blutkörperchen sowie die vermehrte O_2-Menge, welche an die größere Hämoglobinmenge des Blutes gebunden ist, da ja jedes Molekül Hämoglobin ein Molekül Sauerstoff zu binden vermag. Alle diese Sauerstoffmengen werden in letzter Linie aus der Respirationsluft entnommen, ohne daß für sie ein entsprechendes Äquivalent an Kohlendioxyd an die Exspirationsluft abgegeben wird. Alle diese Möglichkeiten sind im Hochgebirge gegeben, so daß also reichlich Gründe dafür auf-

zufinden sind, warum die respiratorischen Quotienten sogar weit unter den Wert bei reiner Fettoxydation sinken können.

Da nach anstrengenden Arbeiten in der Ebene bereits niedere respiratorische Quotienten bis zu 0,65 beobachtet worden sind, so dachten Zuntz und seine Mitarbeiter vor allem daran, diesen Wert in erster Linie durch die in der der Arbeit folgenden Ruheperiode vor sich gehende Neubildung von Glykogen zu erklären, das während der Arbeitsleistung selbst verbraucht worden ist. Wir haben in unseren Versuchen eine Versuchsreihe angestellt, die diese Anschauung vollauf bestätigt. Wenn man die in Tabelle XXXVII zusammengestellten respiratorischen Quotienten der beiden einanderfolgenden Hantelübungen betrachtet, so sieht man in der Tat ein Absinken des respiratorischen Quotienten bei der zweiten Übung. Eine Ausnahme ist nur bei Fuchs auf Colle d'Olen I zu beobachten, die zunächst unerklärt bleibt. Ferner hat sich bei Deimler der Quotient auf der Capanna Regina Margherita nicht mehr vermindert, er ist aber infolge der besonderen bereits mehrfach erwähnten Umstände, die bei Deimler vorliegen, schon so abnorm tief, daß zu einer noch weiteren Verminderung wahrscheinlich viel stärker wirksame Reize kommen müßten, als sie durch die erste Hantelübung gegeben sind.

Tabelle XXXVII.

Vergleich der respiratorischen Quotienten nach der ersten und zweiten Hantelübung.

Ort	Fuchs		Deimler	
	Übung I	Übung II	Übung I	Übung II
Colle d'Olen I.	0,68	0,70	0,66	0,65
Capanna Regina Margherita. .	0,64	0,58	0,53	0,53
Colle d'Olen II.	0,71	0,67	0,62	0,56
Erlangen II.	0,67	0,66	0,75	0,73

Endlich geben wir zum Schluß noch eine Übersichtstabelle über die Schwankungen der Mittelwerte der respiratorischen

Quotienten im Liegen, im Stehen und nach 15 Hantelübungen. Die Mittelzahlen der 3 Kolumnen sind alle nur aus den entsprechenden Versuchen berechnet worden, die an den gleichen Tagen ausgeführt worden sind.

Tabelle XXXVIII.

Vergleich der respiratorischen Quotienten im Liegen, Stehen und nach 15 Hantelübungen.

Ort	Fuchs			Deimler		
	Im Liegen	Im Stehen	Nach Hantelübungen	Im Liegen	Im Stehen	Nach Hantelübungen
Capanna Regina Margherita	0,64	0,62	0,61	0,53	0,67	0,53
Colle d'Olen II.	0,65	0,64	0,69	0,63	0,66	0,59
Erlangen II.	0,62	0,69	0,67	0,77	0,73	0,74

Die voranstehende Arbeit wurde auf Anregung und unter ständiger Leitung des Herrn Professor Dr. R. F. Fuchs ausgeführt, den ich auf seiner zweiten Monte Rosa-Expedition als Assistent begleitete, und dem ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen möchte.

Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. J. Rosenthal, Direktor des physiologischen Institutes, gestatte ich mir meinen ehrerbietigsten Dank zu sagen für das mir während meiner Praktikantenzeit am Institut stets bewiesene Wohlwollen und die gütige Übernahme des Referates.

Fuchs. **Geatmete Gasvolumina im Liegen.** Tabelle I.

Nr. d. Vers.	Datum	Barom.	Zeit d. Versuchs Uhr	Dauer in Min.	Gasuhr		Reduz. Vol. bei 0°, 760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Min.		Ort
					Mittl. Temp.	Liter		abgelesen Liter	reduziert Liter	
1	28. Juli	744	7,05—7,27	22	26,7	127,11	109,28	5,778	4,967	Erlangen I.
2	„	744	7,40—8,05	25	29,1	147,40	125,11	5,896	5,004	
3	30. Juli	774	8,05—8,35	30	30,4	179,83	151,50	5,994	5,050	
4	„	744	8,50—9,20	30	27,8	183,43	156,86	6,114	5,229	
5	7. Aug.	539	6,45—7,15	30	14,8	200,21	131,40	6,674	4,380	Colle d'Olen I.
6	„	539	7,30—8,00	30	14,3	204,89	134,81	6,830	4,494	
7	9. Aug.	541	7,05—7,35	30	14,4	210,22	138,90	7,007	4,630	
8	„	541	7,50—8,20	30	16,6	204,08	133,44	6,803	4,448	
9	11. Aug.	543	6,20—6,50	30	13,5	210,30	139,97	7,010	4,666	
10	„	543	7,05—7,35	30	14,1	210,84	139,93	7,028	4,664	
11	28. Aug.	437	6,30—7,00	30	4,8	220,49	122,66	7,350	4,089	Capanna Regina Margherita
12	„	437	7,15—7,45	30	7,2	214,53	117,95	7,151	3,932	
13	8. Sept.	437	7,10—7,40	30	3,8	212,14	118,67	7,071	3,956	
14	„	437	7,55—8,25,	30	4,1	228,34	127,59	7,611	4,253	
15	10. Sept.	433	7,20—7,35	15	2,6	104,84	58,43	6,989	3,895	
16	12. Sept.	425	7,28—7,43½	15,5	3,5	129,67	70,63	8,366	4,557	
17	16. Sept.	532	7,25—7,55	30	8,8	206,41	137,60	6,880	4,587	Colle d'Olen II.
18	„	532	8,07—8,37	30	8,9	211,02	140,67	7,034	4,689	
19	18. Sept.	532	7,32—7,47	15	16,4	111,76	71,86	7,451	4,791	
20	20. Sept.	532	7,05—7,20	15	12,5	105,69	69,30	7,046	4,620	
21	2. Okt.	741	7,22—7,52	30	15,1	165,97	150,21	5,532	5,007	Erlangen II.
22	„	741	8,12—8,42	30	16,4	164,95	148,43	5,498	4,948	
23	4. Okt.	741	7,51—8,21	30	13,9	159,78	145,55	5,326	4,852	
24	„	741	8,35—9,05	30	15,1	162,74	147,47	5,425	4,916	
25	6. Okt.	743	8,03—8,33	30	14,8	159,45	145,03	5,315	4,834	
26	„	743	9,00—9,30	30	15,5	160,40	145,34	5,347	4,845	
27	8. Okt.	743	8,00—8,15	15	15,1	84,35	76,63	5,623	5,108	
28	10. Okt.	738	8,10—8,25	15	14,9	80,94	73,26	5,396	4,884	
29	12. Okt.	741	8,30—8,45	15	15,5	86,61	78,50	5,774	5,233	

Nr. des Vers.	Datum	Barom.	Zeit d. Versuchs Uhr	Dauer in Min.	Gasuhr		Reduz. Vol. bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Min.		Ort
					Mittl. Temp.	Liter		abgelesen Liter	reduziert Liter	
1	29. Juli	744	9,00—9,06	6	22,8	40,47	35,40	6,745	5,900	Erlangen I.
2	8. Aug.	539	7,05—7,25	20	8,3	178,72	121,13	8,936	6,056	Colle d'Olen I.
3	„	539	7,55—8,15	20	9,1	188,39	127,23	9,419	6,361	
4	10. Aug.	542	6,40—7,10	30	9,3	252,89	171,56	8,430	5,719	
5	„	542	7,25—7,55	30	9,8	220,00	148,98	7,333	4,966	
6	12. Aug.	541	6,30—7,00	30	8,9	222,02	150,62	7,401	5,021	
7	„	541	7,15—7,45	30	9,2	223,59	151,49	7,453	5,050	
8	29. Aug.	436	6,50—7,20	30	6,8	230,00	126,68	7,667	4,223	Capanna Regina Margherita
9	„	436	7,40—8,10	30	14,9	246,42	130,23	8,214	4,341	
10	9. Sept.	435	6,45—7,15	30	5,4	238,53	131,81	7,951	4,394	
11	„	435	7,30—8,00	30	5,9	237,91	131,14	7,930	4,371	
12	11. Sept.	429	6,40—6,55	15	4,8	132,70	72,42	8,847	4,428	
13	13. Sept.	428	6,50—7,05	15	1,8	138,65	76,64	9,243	5,109	
14	17. Sept.	533	7,25—7,55	30	5,0	224,15	152,34	7,472	5,078	Colle d'Olen II.
15	„	533	8,05—8,35	30	5,6	235,53	159,64	7,851	5,321	
16	19. Sept.	533	7,20—7,35	15	7,6	123,20	82,83	8,213	5,522	
17	21. Sept.	531	7,10—7,25	15	9,0	116,60	77,59	7,773	5,172	
18	3. Okt.	741	7,05—7,35	30	15,1	156,59	141,72	5,220	4,724	Erlangen II.
19	„	741	7,50—8,20	30	15,4	158,29	143,12	5,276	4,771	
20	5. Okt.	738	7,50—8,20	30	15,8	166,60	149,73	5,553	4,991	
21	„	738	8,30—9,00	30	15,9	166,95	149,69	5,565	4,990	
22	7. Okt.	743	7,40—8,10	30	13,5	168,80	154,32	5,627	5,144	
23	„	743	8,25—8,55	30	14,1	168,96	153,96	5,632	5,132	
24	9. Okt.	739	8,00—8,15	15	14,9	98,55	89,31	6,570	5,954	
25	11. Okt.	742	8,10—8,25	15	15,6	100,21	90,89	6,681	6,059	
26	13. Okt.	740	8,10—8,25	15	14,1	92,20	83,92	6,147	5,594	

Nr. des Vers.	Datum	Barom.	Zeit d. Versuchs Uhr	Dauer in Min.	Gasuhr		Reduz. Vol. bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Min.		Ort
					Mittl. Temp.	Liter		abgelesen Liter	reduziert Liter	
1	11. Aug.	543	7,53—8,08	15	16,9	138.65	90,72	9,243	6,048	Colle d'Olen I.
2	„	543	8,20—8,35	15	19,2	131.66	85,16	8,777	5,677	
3	14. Aug.	535	6,43—6,58	15	13,1	126.18	83,01	8,412	5,534	
4	16. Aug.	535	7,07—7,22	15	11,5	128,14	85.13	8,563	5,676	
5	18. Aug.	539	7.10—7.25	15	16.8	131,16	85.34	8,744	5,690	
6	28. Aug.	437	8,10—8,25	15	11.1	147 53	79,62	9,835	5,308	Capanna Regina Margherita
7	„	437	8.40—8,55	15	13,9	139,35	74.43	9,290	4,962	
8	8. Sept.	437	8.47—9.02	15	4,4	131,34	73,25	8,756	4,883	
9	„	437	9,20—9,35	15	5,1	135,34	75,24	9,023	5,016	
10	10. Sept.	433	8.15—8.30	15	2,8	153,73	85,69	10,249	5,713	
11	12. Sept.	425	8,10—8.25	15	5.4	142,24	76,71	9,483	5,114	
12	16. Sept.	532	9.20—9.35	15	9,3	141.30	93.97	9,420	6.265	Colle d'Olen II.
13	„	532	9,45—10,00	15	10,7	143,45	94,84	9,563	6,323	
14	18. Sept.	532	8,35—8,50	15	16,4	134,87	86,71	8,991	5.780	
15	20. Sept.	532	7,45—7.55	10	17,9	92,135	58,81	9.214	5,881	
16	2. Okt.	741	9.20—9.35	15	16,3	106.87	96,24	7,125	6,416	Erlangen II.
17	„	741	9,50—10,05	15	16,2	98,90	89,08	6.593	5,939	
18	4. Okt.	741	9,50—10,05	15	16,1	104,58	94,24	6,972	6,282	
19	„	741	10.20—10,35	15	16.4	93.42	84.07	6,228	5,604	
20	6. Okt.	743	10.30—10,45	15	15,5	100,47	91,05	6.698	6,070	
21	„	743	10,57—11,12	15	15,6	103,57	93.90	6,911	6,260	
22	8. Okt.	743	9,20—9,35	15	16,1	106,44	96,49	7,096	6,433	
23	10. Okt	738	9.35—9,50	15	17,1	105,16	94,13	7,011	6,275	
24	12. Okt.	741	9,45—10,00	15	17,0	106,66	95,97	7,111	6,400	

Nr. d. Vers.	Datum	Barom.	Zeit d. Versuchs Uhr	Dauer in Min.	Gasuhr		Reduz. Vol. bei 0°, 760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Min.		Ort
					Mittl. Temp.	Liter		abgelesen Liter	reduziert Liter	
1	10. Aug.	542	8,15—8,27	12	10,4	123,76	83,54	10,313	6,962	Colle d'Olen I.
2	12. Aug.	541	8,10—8,22	12	9,6	113,87	77,00	9,490	6,416	
3	„	541	8,35—8,47	12	9,7	106,45	71,95	8,871	5,996	
4	15. Aug.	538	7,30—7,45	15	9,3	164,33	110,76	10,955	7,384	
5	17. Aug.	537	6,55—7,06½	11,5	6,7	125,01	85,04	10,870	7,394	
6	19. Aug.	542	7,15—7,30	15	7,8	143,92	98,33	9,595	6,555	
7	29. Aug.	436	8,30—8,45	15	18,5	173,90	90,08	11,593	6,005	Capanna Regina Margherita
8	„	436	9,00—9,15	15	16,5	196,95	103,17	13,130	6,878	
9	9. Sept.	435	8,45—9,00	15	6,2	183,96	101,27	12,264	6,751	
10	„	435	9,15—9,30	15	8,4	178,57	97,26	11,905	6,484	
11	11. Sept.	429	8,05—8,20	15	6,0	188,13	102,09	12,542	6,806	
12	13. Sept.	428	7,55—8,10	15	4,6	186,81	101,91	12,454	6,794	
13	17. Sept.	533	9,15—9,30	15	6,1	175,20	118,46	11,680	7,897	Colle d'Olen II.
14	„	533	9,40—9,55	15	6,5	173,96	117,44	11,597	7,829	
15	19. Sept.	533	8,25—8,40	15	8,6	162,49	108,73	10,833	7,249	
16	21. Sept.	531	8,10—8,25	15	9,9	158,50	105,03	10,567	7,002	
17	3. Okt.	741	9,05—9,20	15	16,2	131,01	118,00	8,734	7,867	Erlangen II.
18	„	741	9,35—9,50	15	16,4	126,44	113,78	8,429	7,585	
19	5. Okt.	738	9,45—10,00	15	16,3	119,58	107,26	7,972	7,151	
20	„	738	10,15—10,30	15	16,6	118,01	105,65	7,867	7,043	
21	7. Okt.	743	9,45—10,00	15	15,1	131,72	119,57	8,781	7,971	
22	„	743	10,20—10,35	15	15,1	127,46	115.59	8,497	7,706	
23	9. Okt.	739	9,05—9,20	15	16,0	126,29	113,55	8,419	7,570	
24	11. Okt.	742	9,10—9,25	15	16,6	127,20	114,51	8,480	7,634	
25	13. Okt.	740	9,30—9,45	15	14,8	121,19	108,67	8,079	7,245	

Tabelle V.

Fuchs. **Geatmete Gasvolumina**

Nr. des Versuchs	Datum	Barometer	a) Innerhalb 10 Minuten nach der Übung							b) Innerhalb nach
			Zeit des Versuchs	Dauer in Minuten	Gasuhr		Reduziertes Volumen bei 0°, 760 mm Hg, trocken	Atmungsgröße pro Minute		Zeit des Versuchs
					Mittlere Temperatur	Liter		abgelesen	reduziert	
			Uhr				Liter	Liter	Liter	Uhr
1	14. Aug.	535	7,18½—7,29	10,5	14,4	149,97	97,96	14,283	9,330	—
2	„	535	7,42½—7,52½	10	15,5	174,53	113,64	17,453	11,364	7,42½—7,48
3	16. Aug.	535	7,32—7,44	12	13,6	181,22	118,87	15,101	9,900	7,32—7,38
4	„	535	7,54—8,04	10	17,2	167,77	108,06	16,777	10,806	7,54—7,59
5	18. Aug.	539	7,36—7,46	10	18,1	144,15	93,11	14,415	9,311	7,36—7,41
6	„	539	7,58—8,07	9	19,2	140,27	90,07	15,586	10,008	7,58—8,02
7	10. Sept.	433	8,44—8,56	12	4,4	240,49	132,97	20,041	11,081	8,44—8,50
8	„	433	9,04—9,15	11	5,3	201,05	110,74	18,277	10,067	9,04—9,09½
9	12. Sept.	425	8,52—9,02	10	7,8	191,04	101,97	19,104	10,197	8,52—8,57
10	„	425	9,13—9,23	10	9,6	180,99	95,77	18,099	9,577	9,13—9,18
11	18. Sept.	532	9,05—9,15¼	10,25	19,0	170,10	107,88	16,595	10,525	9,05—9,10
12	„	532	9,40—9,50	10	19,3	155,34	98,36	15,534	9,836	9,40—9,45
13	20. Sept.	532	8,12—8,22	10	21,3	144,84	90,76	14,484	9,076	8,12—8,17
14	„	532	8,41—8,51	10	22,6	148,17	92,10	14,817	9,210	8,41—8,46
15	8. Okt.	743	9,51—10,01	10	17,1	128,49	115,90	12,849	11,590	9,51—9,56
16	„	743	10,09—10,19	10	17,6	122,23	109,98	12,223	10,998	10,0·—10,14
17	10. Okt.	738	10,00—10,10	10	17,6	118,59	106,16	11,859	10,616	10,00—10,05
18	„	738	10,17—10,27	10	17,5	118,94	106,29	11,894	10,629	10,17—10,22
19	12. Okt.	741	10,10—10,20	10	17,6	117,85	105,90	11,785	10,590	10,10—10,15
20	„	741	10,27—10,37½	10	17,9	121,42	108,79	12,142	10,879	10,27—10,30⅓

Tabelle V.

nach 15 Hantelübungen.

der 1. Versuchshälfte der Übung					c) Innerhalb der 2. Versuchshälfte nach der Übung					
Dauer in Minuten	Abgelesene Liter	Reduziertes Volumen bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Minute abgelesen Liter	Atmungsgröße pro Minute reduziert Liter	Dauer in Minuten	Abgelesene Liter	Reduziertes Volumen bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Minute abgelesen Liter	Atmungsgröße pro Minute reduziert Liter	Ort
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Colle d'Olen I.
5,5	120,73	78,61	21,951	14,293	5	53,80	35,03	10,760	7,006	
6	114,66	75,21	19,110	12,535	6	66,62	43,66	11,103	7,277	
5	113,80	73,29	22,759	14,659	5	53,98	34,77	10,795	6,953	
5	91,95	59,39	18,389	11,878	5	52,21	33,72	10,441	6,744	
4	88,96	57,12	22,240	14,281	5	51,31	32,95	10,262	6,589	
6	153,47	84,86	25,578	14,143	6	87,02	48,11	14,503	8,019	Capanna Regina Margherita
5,5	121,27	66,79	22,048	12,144	5,5	79,79	43,95	14,506	7,990	
5	120,58	64,36	24,115	12,872	5	70,47	37,61	14,093	7,522	
5	110,07	58,24	22,013	11,647	5	70,93	37,53	14,185	7,507	
5	107,20	67,99	21,440	13,597	5	62,90	39,89	12,580	7,979	Colle d'Olen II.
5	95,79	60,65	19,157	12,130	5	59,56	37,71	11,911	7,542	
5	86,51	54,21	17,302	10,842	5	58,33	36,55	11,666	7,310	
5	88,27	54,87	17,653	10,973	5	59,91	37,23	11,981	7,447	
5	78,38	70,70	15,676	14,139	5	50,11	45,21	10,022	9,041	Erlangen II.
5	75,89	68,28	15,178	13,657	5	46,34	41,70	9,268	8,339	
5	73,35	65,65	14,669	13,131	5	45,25	40,51	9,049	8,101	
5	75,82	67,76	15,174	13,551	5	43,12	38,53	8,624	7,707	
5	75,82	68,13	15,163	13,625	5	42,04	37,78	8,407	7,555	
3,5	55,45	49,68	15,843	14,195	5	65,97	59,11	9,424	8,443	

Tabelle VI.

Deimler. **Geatmete Gasvolumina**

Nr. des Versuchs	Datum	Barometer	a) Innerhalb 10 Minuten nach der Übung							b) Innerhalb nach
			Zeit des Versuchs	Dauer in Minuten	Gasuhr: Mittlere Temperatur	Gasuhr: Liter	Reduziertes Volumen bei 0°/760 mm Hg, trocken	Atmungsgröße pro Minute: abgelesen	Atmungsgröße pro Minute: reduziert	Zeit des Versuchs
			Uhr				Liter	Liter	Liter	Uhr
1	15. Aug.	538	7,58½—8,09	10,5	10,1	148,56	99,67	14,149	9,493	7,58½—8,05
2	„	538	8,23½—8,35	11,5	10,5	169,58	113,55	14,746	9,874	8,23½—8,32
3	17. Aug.	537	7,21½—7,33½	12	7,9	170,46	115,31	14,205	9,609	7,21½—7,28½
4	„	537	7,45½—7,58	12,5	8,3	167,13	112,91	13,370	9,033	7,45½—7,53¼
5	19. Aug.	542	7,43½—7,53½	10	8,8	139,06	94,61	13,906	9,461	7,43½—7,48½
6	„	542	8,10—8,20	10	9,1	137,38	93,30	13,738	9,330	8,10—8,15
7	11. Sept.	429	8,30—8,40	10	7,8	202,34	108,90	20,234	10,890	8,30—8,35
8	„	429	8,50—9,01	11	7,9	201,51	108,35	18,319	9,850	8,50—8,55
9	13. Sept.	428	8,44—8,54	10	8,6	197,52	105,71	19,752	10,571	8,44—8,49
10	„	428	9,09—9,19	10	11,1	188,96	99,88	18,896	9,988	9,09—9,14
11	19. Sept.	533	8,55—9,05	10	9,0	137,55	91,88	13,755	9,188	8,55—9,00
12	„	533	9,15—9,25	10	9,4	137,38	91,60	13,738	9,160	9,15—9,20
13	21. Sept.	531	8,39—8,49	10	10,3	140,77	93,15	14,077	9,314	8,39—8,44
14	„	531	8,55—9,05	10	10,8	142,72	94,21	14,272	9,421	8,55—9,00
15	9. Okt.	739	9,48—9,58	10	16,3	116,80	104,91	11,680	10,491	9,48—9,53
16	„	739	10,10—10,20	10	16,4	117,26	105,22	11,726	10,522	10,10—10,15
17	11. Okt.	742	9,38—9,48	10	17,1	117,00	105,12	11,700	10,512	9,38—9,43
18	„	742	10,00—10,10	10	17,2	115,50	103,67	11,550	10,367	10,00—10,05
19	13. Okt.	740	10,20—10,30	10	15,4	112,82	101,87	11,282	10,187	10,20—10,25
20	„	740	10,40—10,50	10	15,8	111,98	100,92	11,198	10,092	10,40—10,45

Tabelle VI.

nach 15 Hantelübungen.

der 1. Versuchshälfte der Übung					c) Innerhalb der 2. Versuchshälfte nach der Übung					
Dauer in Minuten	Abgelesene Liter	Reduziertes Volumen bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Minute abgelesen Liter	Atmungsgröße pro Minute reduziert Liter	Dauer in Minuten	Abgelesene Liter	Reduziertes Volumen bei 0°,760 mm Hg, trocken Liter	Atmungsgröße pro Minute abgelesen Liter	Atmungsgröße pro Minute reduziert Liter	Ort
6,5	102,52	68,78	15,772	10,582	4	46,04	30,89	11,510	7,722	Colle d'Olen I.
8,5	132,92	89,01	15,639	10,471	3	36,65	24,54	12,217	8,181	
7	110,85	74,98	15,836	10,712	5	59,61	40,33	11,922	8,066	
7,75	112,34	75,90	14,495	9,793	4,75	54,79	37,01	11,226	7,792	
5	80,40	54,70	16,080	10,940	5	58,66	39,99	11,732	7,998	
5	84,62	57,47	16,924	11,494	5	52,76	35,83	10,552	7,167	
5	124,26	66,88	24,852	13,376	5	78,08	42,02	15,616	8,404	Capanna Regina Margherita
5	113,57	61,07	22,714	12,213	6	87,94	47,28	14,657	7,881	
5	117,86	63,09	23,572	12,618	5	79,66	42,62	15,932	8,524	
5	112,81	59,63	22,562	11,926	5	76,15	40,25	15,230	8,050	
5	79,64	53,20	15,928	10,639	5	57,91	38,68	11,582	7,736	Colle d'Olen II.
5	77,51	51,68	15,502	10,336	5	59,87	39,92	11,974	7,984	
5	82,26	54,43	16,452	10,886	5	58,51	38,72	11,702	7,743	
5	85,83	56,66	17,166	11,332	5	56,89	37,55	11,378	7,511	
5	73,29	65,83	14,658	13,166	5	43,51	39,08	8,702	7,816	Erlangen II.
5	66,46	59,64	13,292	11,928	5	50,80	45,58	10,160	9,116	
5	67,94	61,04	13,588	12,208	5	49,06	44,08	9,812	8,816	
5	67,68	60,75	13,536	12,149	5	47,82	42,92	9,564	8,585	
5	65,77	59,39	13,154	11,877	5	47,05	42,48	9,412	8,497	
5	67,40	60,76	13,480	12,151	5	44,58	40,16	8,916	8,033	

Gasanalysen der Respirationsversuche im Liegen.

Tabelle VII.

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmertemp.	Atmungsgröße pro Min.		Analyse der Exspirationsluft		O_2-Defizit in % der eingeatm. O_2-Menge	O_2-Verbrauch pro Min. in cm^3	CO_2-Ausscheidung pro Min. in cm^3	Registrator. Quotient	Ort
				beobachtet Liter	reduziert Liter	Volum % CO_2	Volum % O_2					
1	30. Juli	745	23,5	5,994	5,050	5,17	15,52	22,5	237,7	—	—	Erlangen I.
2	7. Aug.	541	12,5	6,674	4,380	3,31	14,68	30,5	289,2	147,2	(0,51 [1])	Colle d'Olen I.
3	„	541	10,5	6,830	4,494	3,65	14,96	28,7	277,2	166,5	0,60	
4	9. Aug.	542	10,2	7,007	4,630	3,53	14,80	29,8	297,0	166,0	0,56	
5	„	542	9,0	6,803	4,448	4,04	14,88	28,7	272,9	183,2	0,67	
6	11. Aug.	543	11,0	7,010	4,666	4,10	15,22	26,9	267,8	194,3	0,73	
7	„	542	13,0	7,028	4,664	3,72	15,32	26,6	265,6	176,1	0,66	
8	8. Sept.	436	15,0	7,071	3,956	4,43	14,06	33,8	287,5	176,4	0,61	Capanna Regina Margherita
9	„	435	16,0	7,611	4,253	4,89	14,56	30,6	276,7	209,6	0,76	
10	10. Sept.	431	15,5	6,989	3,895	4,84	14,51	31,0	256,9	189,8	0,74	
11	12. Sept.	329	14,5	8,366	4,557	3,62	14,60	31,5	309,4	166,0	0,54	
12	16. Sept.	534	7,0	6,880	4,587	3,39	15,06	28,9	284,9	156,9	(0,55)	Colle d'Olen II.
13	„	534	7,5	7,034	4,689	3,68	15,39	26,8	268,2	174,3	0,65	
14	18. Sept.	533	8,5	7,451	4,791	3,59	15,46	25,7	263,4	175,0	0,66	
15	20. Sept.	534	10,0	7,046	4,620	3,35	15,67	25,2	248,4	156,8	0,63	
16	2. Okt.	739	16,5	5,532	5,007	3,90	15,25	27,1	289,6	197,6	0,68	Erlangen II.
17	„	739	16,5	5,498	4,948	3,63	15,71	22,9	235,7	182,2	0,77	
18	4. Okt.	739	16,5	5,326	4,852	3,95	15,77	24,3	249,8	193,8	0,78	
19	„	739	16,7	5,425	4,916	4,04	15,73	24,3	252,7	200,8	0,79	
20	6. Okt.	742	16,0	5,315	4,834	3,57	15,95	23,5	240,9	174,5	0,72	
21	8. Okt.	740	16,3	5,623	5,108	2,83	16,40	21,6	234,8	145,6	0,62	
22	10. Okt.	736	16,0	5,396	4,884	2,90	16,31	22,3	231,7	142,6	0,62	
23	12. Okt.	739	17,0	5,774	5,233	3,19	15,91	24,2	270,5	168,6	0,62	

[1]) Die eingeklammerten Werte wurden bei Berechnung der Mittelzahlen nicht berücksichtigt.

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmer-temp.	Atmungsgröße pro Min.		Analyse der Exspirationsluft		O_2-Defizit in % der eingeatm. O_2-Menge	O_2-Ver-brauch pro Min. in cm^3	CO_2-Aus-scheidung pro Min. in cm^3	Respirator. Quotient	Ort
				beob-achtet Liter	reduziert Liter	Volum % CO_2	Volum % O_2					
1	29. Juli	745	23,5	6,745	5,900	5,20	14,37	30,1	(377,4)	(315,1)	(0,83)	Erlangen I.
2	8. Aug.	541	9,5	8,936	6,056	3,26	15,92	24,3	313,9	198,6	0,63	Colle d'Olen I.
3	„	541	9,0	9,419	6,361	3,33	16,26	22,1	299,0	213,7	0,71	
4	10. Aug.	543	9,7	8,430	5,719	3,23	15,87	24,4	298,4	186,1	0,62	
5	„	543	11,5	7,333	4,966	3,85	14,48	31,8	340,1	192,6	0,57	
6	12. Aug.	541	11,5	7,401	5,021	4,04	15,23	27,4	293,0	204,5	0,70	
7	„	541	13,0	7,453	5,050	3,93	15,13	28,0	302,5	200,0	0,66	
8	9. Sept.	434	17,0	7,951	4,394	5,12	14,06	33,1	310,3	227,1	0,73	Capanna Regina Margherita
9	„	434	15,5	7,930	4,371	5,15	13,94	33,7	314,4	227,6	0,72	
10	11. Sept.	427	6,5	8,847	4,828	4,07	13,95	34,5	360,4	198,2	0,55	
11	13. Sept.	533[1]	7,0	9,243	5,109	3,17	15,09	29,2	321,7	162,5	0,51	
12	17. Sept.	534	7,0	7,472	5,078	3,83	14,59	31,4	343,2	195,4	0,57	Colle d'Olen II.
13	„	533	8,5	7,851	5,321	3,84	14,67	30,9	353,6	205,5	0,58	
14	19. Sept.	535	9,7	8,213	5,522	3,77	15,32	27,3	321,5	209,4	0,65	
15	21. Sept.	532	9,0	7,773	5,172	3,81	14,87	29,6	328,2	198,5	0,60	
16	3. Okt.	740	16,7	5,220	4,724	4,20	15,02	28,1	282,7	200,9	0,71	Erlangen II.
17	„	740	16,8	5,276	4,771	4,29	14,88	28,8	293,5	207,6	0,71	
18	5. Okt.	738	17,0	5,553	4,991	4,06	15,30	26,7	283,2	205,3	0,72	
19	„	738	17,0	5,565	4,990	3,78	15,45	25,9	275,1	191,5	0,70	
20	7. Okt.	741	15,0	5,627	5,144	4,42	15,34	26,2	285,9	230,0	0,80	
21	„	741	15,5	5,632	5,132	3,67	15,43	26,3	288,2	190,4	0,66	
22	9. Okt.	737	16,0	6,570	5,954	3,21	16,25	19,2	233,7	192,9	0,83	
23	11. Okt.	742	16,5	6,681	6,059	3,82	15,98	23,2	297,1	234,1	0,79	
24	13. Okt.	738	16,0	6,147	5,594	3,57	15,72	25,0	297,4	201,5	0,68	

[1]) Analyse am 16. September auf Colle d'Olen ausgeführt.

Fuchs. **Gasanalysen der Respirationsversuche im Stehen.** Tabelle IX.

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmertemp.	Atmungsgröße pro Min. beobachtet Liter	Atmungsgröße pro Min. reduziert Liter	Analyse der Exspirationsluft Volum % CO_2	Analyse der Exspirationsluft Volum % O_2	O_2-Defizit in % der eingeatm. O_2-Menge	O_2-Verbrauch pro Min. in cm^3	CO_2-Ausscheidung pro Min. in cm^3	Respirator. Quotient	Ort
1	11. Aug.	541	12,0	9,243	6,048	3,33	15,75	24,2	312,6	205,3	0,67	Colle d'Olen I.
2	,,	541	12,0	8,777	5,677	3 21	15,95	22,9	277,6	186,6	0,67	
3	14. Aug.	537	10,5	8,412	5,534	3,17	15,84	24,4	288,0	177,7	0,62	
4	16. Aug.	539	10,0	8,563	5,676	(2,59)	15,96	24,3	296,9	(148,3)	(0,50)	
5	18. Aug.	541	10,0	8,744	5,690	3,66	15,49	25,5	309,2	212,2	0,69	
6	8. Sept.	435	16,0	8,756	4,883	3,58	14,86	29,9	314,7	176,1	0,56	Capanna Regina Margherita
7	,,	435	18,0	9,023	5,016	3,55	15,06	28,9	311,0	179,2	0,58	
8	10. Sept.	428	9.5	10,249	5,713	3,75	15,15	28,4	347,4	215,0	0,62	
9	12. Sept.	430	12,0	9,483	5,114	4,65	14,96	28,3	307,1	240,2	0,78	
10	16. Sept.	534	7,0	9,420	6,265	2,98	15,94	24,2	325,0	188,2	0,58	Colle d'Olen II.
11	,,	534	7,0	9,563	6,323	2,88	16,19	22,8	308,0	183,8	0,60	
12	18. Sept.	533	8,0	8,991	5,780	3,18	15,91	23,5	290,5	187,1	0,64	
13	20. Sept.	534	10,0	9,214	5,881	2,92	16,18	22,0	276,6	175,0	0,63	
14	2. Okt.	739	16,5	7,125	6,416	3,58	16,14	22,2	302,0	233,0	0,77	Erlangen II.
15	,,	739	17,5	6,593	5,939	3,65	16,35	20,9	262,0	219,5	0,84	
16	4. Okt.	738	17,0	6,972	6,282	(4,13)	16,15	21,6	285,0	(263,5)	(0,92)	
17	,,	739	17,0	6,228	5,604	3,61	16,34	21,0	248,1	205,0	0,83	
18	6. Okt.	742	16,0	6,698	6,070	2,94	16,37	21,6	280,0	180,0	0,64	
19	,,	742	16,8	6,911	6,260	2,89	16,61	21,4	269,0	183,0	0,68	
20	8. Okt.	740	16,8	7,096	6,433	3,06	16,52	20,8	284,0	198,4	0,70	
21	10. Okt.	736	16,5	7,011	6,275	3,18	16,35	21,5	286,0	201,7	0,71	
22	12. Okt.	739	18,0	7,111	6,400	3,37	15,92	23,8	325,0	218,2	0,67	

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmertemp.	Atmungsgröße pro Min.		Analyse der Exspirationsluft		O_2-Defizit in % des eingeatm. O_2-Menge	O_2-Verbrauch pro Min. in cm^3	CO_2-Ausscheidung pro Min. in cm^3	Respirator. Quotient	Ort
				beobachtet Liter	reduziert Liter	Volum % CO_2	Volum % O_2					
1	10. Aug.	544	11,5	10,313	6,962	3,95	15,48	26,2	390,0	278,1	0,71	Colle d'Olen I.
2	12. Aug.	541	12,5	9,490	6,416	3,51	15,39	26,9	370,0	226,9	0,61	
3	„	539	13,0	8,871	5,996	3,81	14,67	27,4	337,5	230,6	0,68	
4	15. Aug.	537	10,0	10,955	7,384	3,50	15,19	28,1	446,0	260,3	(0,58)	
5	17. Aug.	539	10,0	10,870	7,394	4,26	15,24	27,4	430,0	317,0	0,74	
6	19. Aug.	543	8,5	9,595	6,555	4,35	14,75	29,9	418,8	287,6	0,69	
7	9. Sept.	433	14,5	12,264	6,751	4,83	14,78	29,2	419,0	329,5	0,79	Capanna Regina Margherita.
8	„	432	17,5	11,905	6,484	4,62	14,22	32,3	449,0	303,6	0,68	
9	11. Sept.	427	5,0	12,542	6,806	4,54	14,83	29,1	422,0	312,4	0,74	
10	13. Sept.	533 [1]	7,0	12,454	6,794	4,07	14,44	31,9	466,0	278,8	0,60	
11	17. Sept.	533	8,5	11,680	7,897	3,93	15,23	27,6	465,0	312,4	0,67	Colle d'Olen II.
12	„	533	8,5	11,597	7,829	4,00	15,18	27,8	464,0	315,2	0,68	
13	19. Sept.	535	10,0	10,833	7,249	3,91	14,90	29,4	457,0	285,5	0,62	
14	21. Sept.	532	9,5	10,567	7,002	3,87	15,45	26,2	390,0	273,4	0,70	
15	3. Okt.	740	17,0	8,734	7,867	3,41	16,00	23,1	387,0	271,8	0,70	Erlangen II.
16	„	740	17,3	8,429	7,585	3,65	15,49	25,9	419,0	280,7	0,67	
17	5. Okt.	738	17,3	7,972	7,151	3,52	15,72	24,7	377,0	255,1	0,68	
18	„	739	18,0	7,867	7,043	3,75	15,77	22,3	326,0	268,3	0,82	
19	7. Okt.	741	16,0	8,781	7,971	3,60	16,38	20,9	352,0	290,0	0,82	
20	„	742	16,0	8,497	7,706	3,20	15,88	24,1	397,0	249,3	0,63	
21	9. Okt.	737	16,0	8,419	7,570	3,45	16,07	22,8	366,0	264,5	0,72	
22	11. Okt.	741	16,8	8,480	7,634	3,80	15,80	23,9	387,0	294,2	0,76	
23	13. Okt.	739	17,0	8,079	7,245	3,73	15,44	25,5	394,0	276,4	0,70	

[1]) Analyse vom 16. September auf Colle d'Olen ausgeführt.

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmertemp.	Atmungsgröße pro Min.		Analyse der Exspirationsluft		O_2-Defizit in % der eingeatm. O_2-Menge	O_2-Verbrauch pro Min. in cm^3	CO_2-Ausscheidung pro Min. in cm^3	Respirator. Quotient	Ort
				beobachtet Liter	reduziert Liter	Volum % CO_2	Volum % O_2					
1	14. Aug.	536	10,0	21,951	14,293	3,44	16,20	21,9	663	499,2	0,75	Colle d'Olen I.
2	16. Aug.	539	10,0	19,110	12,535	3,18	16,18	22,3	596	403,2	0,68	
3	„	539	11,0	22,759	14,659	3,00	16,35	21,1	657	447,4	0,68	
4	18. Aug.	541	10,0	18,389	11,878	3,82	15,96	22,4	564	464,0	(0,82)	
5	„	541	10,0	22,240	14,281	3,30	15,87	23,3	710	482,6	0,68	
6	10. Sept.	428	9,0	25,578	14,143	2,98	16,30	21,5	639	423,2	0,66	Capanna Regina Margherita
7	„	428	8,0	22,048	12,144	3,43	15,62	25,8	670	418,6	0,62	
8	12. Sept.	430	10,0	24,115	12,872	3,42	15,56	25,9	713	444,6	0,62	
9	„	431	10,0	22,013	11,647	3,13	15,35	27,2	681	368,9	0,54	
10	18. Sept.	533	8,0	21,440	13,597	3,33	16,13	21,7	628	463,7	0,74	Colle d'Olen II.
11	„	533	8,0	19,157	12,130	3,22	16,09	22,0	569	400,2	0,70	
12	20. Sept.	534	10,0	17,302	10,842	2,82	16,40	20,3	470	313,3	0,67	
13	„	534	10,0	17,653	10,973	2,83	16,22	21,1	495	319,3	0,64	
14	8. Okt.	741	17,0	15,676	14,139	3,07	17,27	16,2	483	438,9	(0,91)	Erlangen II.
15	„	741	17,5	15,178	13,657	(3,65)	16,84	18,1	520	(504,2)	(0,97)	
16	10. Okt.	736	17,5	14,669	13,131	2,83	16,77	19,5	542	376,1	0,70	
17	„	737	17,8	15,174	13,551	2,87	16,70	19,6	565	393,7	0,69	
18	12. Okt.	739	18,0	15,163	13,625	2,69	16,68	20,1	584	369,4	0,63	
19	„	738	16,8	15,843	14,195	2,75	16,53	20,8	629	393,9	0,63	

Nr. des Vers.	Datum	Barometer	Mittl. Zimmertemp.	Atmungsgröße pro Min.		Analyse der Exspirationsluft		O_2-Defizit in % der eingeatm. O_2-Menge	O_2-Verbrauch pro Min. in cm^3	CO_2-Ausscheidung pro Min. in cm^3	Respirator. Quotient	Ort
				beobachtet Liter	reduziert Liter	Volum % CO_2	Volum % O_2					
1	15. Aug.	537	10,0	15,772	10,582	3,78	15,20	27,7	628	403,5	0,64	Colle d'Olen I.
2	„	537	10,0	15,639	10,471	3,23	15,95	23,9	535	341,3	0,64	
3	17. Aug.	541	11,5	15,836	10,712	3,55	15,75	24,9	568	382,5	0,67	
4	„	541	11,0	14,495	9,793	3,99	15,01	28,8	603	393,4	0,65	
5	19. Aug.	543	9,0	16,080	10,940	3,57	14,88	29,8	(702)	393,1	(0,56)	
6	„	543	8,5	16,924	11,494	3,40	15,09	28,8	(712)	384,0	(0,54)	
7	11. Sept.	425	15,0	24,852	13,376	2,92	15,81	24,9	714	394,5	0,55	Capanna Regina Margherita.
8	„	425	15,5	22,714	12,213	(4,29)	14,82	29,2	762	(530,6)	(0,70)	
9	13. Sept.	533 [1]	7,0	23,572	12,618	3,27	14,80	30,2	823	417,3	0,51	
10	„	534	7,0	22,562	11,926	2,91	15,59	25,8	663	351,9	0,53	
11	19. Sept.	535	10,0	15,928	10,639	3,29	15,82	24,7	562	352,7	0,63	Colle d'Olen II.
12	„	535	9,5	15,502	10,336	3,61	15,16	28,1	623	376,1	0,60	
13	21. Sept.	531	9,5	16,452	10,886	3,62	15,12	28,3	661	397,7	0,60	
14	„	530	9,5	17,166	11,332	3,20	15,01	29,2	715	366,3	0,51	
15	9. Okt.	737	16,5	14,658	13,166	3,56	16,42	20,6	574	474,5	0,83	Erlangen II.
16	„	737	16,8	13,292	11,928	3,64	15,95	23,2	588	440,2	0,75	
17	11. Okt.	739	16,0	13,588	12,208	3,90	15,63	24,8	642	483,0	0,75	
18	„	739	17,0	13,536	12,149	3,77	15,64	24,8	641	465,4	0,73	
19	13. Okt.	739	17,3	13,154	11,877	3,53	15,66	25,1	636	424,9	0,67	
20	„	739	17,5	13,480	12,151	3,58	15,82	24,1	622	440,1	0,71	

[1]) Analyse vom 16. September auf Colle d'Olen ausgeführt.

Lebenslauf.

Ich, Theodor Maximilian Deimler, wurde am 28. November 1882 als Sohn des Missionars Gottfried Deimler und seiner Ehefrau Mathilde geb. Schuster zu Bombay in brit. Ostindien geboren. In meinem 5. Lebensjahre wurde ich von meinen Eltern zur Erziehung nach Deutschland verbracht. Nachdem ich das k. Alte Gymnasium zu Nürnberg im Herbst 1902 absolviert hatte, studierte ich in Erlangen 8, in Dresden 1 (auf der tierärztlichen Hochschule), in München 1 und in Kiel 1 Semester Medizin. Die ärztliche Vorprüfung legte ich in Erlangen im Herbst 1905, die ärztliche Prüfung ebenfalls in Erlangen im Frühjahr 1908 ab. Während meines praktischen Jahres war ich 9 Monate lang als Medizinalpraktikant am physiologischen Institut Erlangen und 4 Monate an der inneren Abteilung des städtischen Krankenhauses Nürnberg tätig. Meine Approbation als Arzt erlangte ich am 16. Juli 1909. Im Winterhalbjahr 1902/03 diente ich im kgl. 19. Infanterieregiment zu Erlangen unter der Waffe.